

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra tělesné výchovy

RIGORÓZNÍ PRÁCE

Nízkosacharidové dietní režimy a jejich efekt na tělesné složení a sportovní
výkon

Low – carbohydrate diets and their effect on body composition and sports
performance

Mgr. Pavel Kysel, DiS.

Studijní program: Učitelství pro střední školy (N7504)

Studijní obor: Tělesná výchova a sport

Odevzdáním této rigorózní práce na téma *Nizkosacharidové dietní režimy a jejich efekt na tělesné složení a sportovní výkon* potvrzuji, že jsem ji vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha, 10. 11. 2020

Rád bych na tomto místě poděkoval lidem, bez kterých by tato práce nevznikla. PhDr. Janě Kočí, Ph.D. za motivaci a čas, který mi věnovala. Doc. MUDr. Zdeňku Vilikusovi, CSc. za nápady a určení směru. A v neposlední řadě rodině za trpělivost ve všech jejích aspektech... Děkuji!

ABSTRAKT

Vliv nízkosacharidových dietních režimů na fyzickou zdatnost je stále kontroverzní. Nízkosacharidové diety mají za úkol restrikcí sacharidů minimalizovat dopady na sportovní výkon, zároveň optimalizovat tělesnou kompozici úbytkem podkožního tuku při maximálním zachování svalové hmoty.

Cílem této práce je provést rešerši současné odborné literatury a vědeckých studií, a zjistit efekt nízkosacharidových a potažmo i ketogenních diet na tělesné složení a sportovní výkony různého typu. Dílčími úkoly je poté definovat okolnosti, které s hlavním cílem souvisejí, případně jsou od něj odvozeny tzn. jednotlivé pohybové schopnosti včetně jejich rozvoje a okolností vedoucích k ovlivnění sportovního výkonu, dále pak oblast tělesného složení jedince a samozřejmé okolnosti příjmu potravy. Nezbytnou součástí je co nejaktuálnější reference a postihnutí hlavních rozdílů nízkosacharidových diet v celé jejich šíři.

Výsledky jsou různorodé, nicméně se ukazuje, že u vytrvalostních sportovců se přibližně po týdnu tělo adaptuje na stravu bohatou na tuky a obecně oxidace tuků poskytuje dostatek energie ve formě intramuskulárních triacylglycerolů či volných mastných kyselin v plazmě. Teoreticky by tak mělo docházet šetření svalového glykogenu, jako nejcennějšího energetického zdroje pro sportovní výkon delšího trvání v pozdních fázích výkonu. Většina prací potvrdila, že zvýšená tuková oxidace nepokryje u vytrvalců ani u silových sportovců energetickou potřebu a vlivem nedostatečné konzumace sacharidů dojde k poklesu výkonnosti. Důvodem poklesu sportovního výkonu je negativní role (kromě nízké glykemie) jednak snížení anabolického efektu inzulínu, jednak nedostatečný příjem bílkovin, jejichž příjem je redukován z důvodů omezení glukoneogeneze.

Závěrem lze konstatovat, že diety omezující sacharidy ve stravě zlepšují tělesné složení, ale sportovní výkon po 3-4 týdnech výrazně klesá. Účinky na tělesné složení jsou v dlouhodobém horizontu srovnatelné s konvenční redukční dietou.

KLÍČOVÁ SLOVA

nízkosacharidové diety, ketogenní dieta, redukční dieta, složení těla, sportovní výkon

ABSTRACT

The effect of low-carbohydrate diets on physical fitness is still controversial. The goal of low-carbohydrate diets is to minimize the effects on sports performance by restricting carbohydrates, while optimizing body composition by reducing subcutaneous fat while maintaining maximum muscle mass.

The aim of this work is to search the current literature and scientific studies, and to determine the effect of low-carbohydrate and therefore ketogenic diets on body composition and sports performance of various types. Partial tasks are then to define the circumstances that are related to the main goal, or are derived from it, i.e. individual motor skills, including their development and circumstances leading to the influence of sports performance, as well as the area of the individual's body composition and the obvious circumstances of food intake. An essential part is the most up-to-date reference and covering the main differences of low-carb diets in their entirety.

The results are mixed, however, in endurance athletes, the body adapts to a fat-rich diet after about a week, and in general, oxidation of fats provides enough energy in the form of intramuscular triacylglycerols or free fatty acids in plasma. Theoretically, this should lead to the investigation of muscle glycogen, as the most valuable energy source for sports performance of longer duration in the late stages of performance. Most studies have confirmed that increased fat oxidation will not cover the energy needs of endurance athletes or strength athletes, and due to insufficient carbohydrate consumption, performance will decrease. The reason for the decrease in sports performance is the negative role (apart from low glycemia), both the reduction of the anabolic effect of insulin and the insufficient intake of proteins, the intake of which is reduced due to the reduction of gluconeogenesis.

In conclusion, it can be stated that diets that reduce carbohydrates in the diet will improve body composition, but sports performance after 3-4 weeks decreases significantly. The effects on body composition are comparable to a conventional reduction diet in the long run.

KEYWORDS

low-carbohydrate diets, ketogenic diet, reduction diet, body composition, sports performance

Obsah

Úvod	6
1 Literární rešerše sledovaného problému.....	9
1.1 Struktura sportovního výkonu	9
1.1.1 Složky sportovního tréninku.....	9
1.1.2 Vybrané objektivní ukazatele	32
1.2 Charakteristika sportovce – somatické parametry	47
1.2.1 Složení těla	49
1.3 Výživová doporučení pro sportovce (metabolická charakteristika výkonu)	52
1.3.1 Složky potravy	53
1.3.2 Trávení živin.....	55
1.3.3 Energetický metabolismus živin.....	60
1.4 Dietní režimy s omezením sacharidů.....	72
1.4.1 Nízkosacharidové diety	79
1.4.2 Druhy nízkosacharidových diet	80
1.5 Efekty nízkosacharidových dietních režimů na sportovní výkon a na tělesné složení jedince	94
1.5.1 Účinky nízkosacharidových diet na sportovní výkon	95
1.5.2 Účinky nízkosacharidových diet na složení těla.....	100
Závěr.....	108
Seznam použitých informačních zdrojů	111

Úvod

Celosvětově lze, již po delší dobu, evidovat nárůst nepřenositelných onemocnění, jako jsou např. nadváha, obezita a s tím spojené komplikace kardiovaskulární či diabetes mellitus II. typu a rakovina. Je jistě zajímavé, že původně byly tyto „komplikace“ spojovány převážně s vysoce příjmovými zeměmi, nyní se však dramaticky rozvíjí i v rozvojových státech (WHO, 2016).

V racionální výživě již dlouhou dobu panuje shoda, týkající se „racionální a vyvážené stravy“. Je popisována jako nejideálnější, pokud jde o složení makronutrientů, mikronutrientů a kvality výživy tak, aby zajistila odpovídající nutriční stav jedince, energetickou rovnováhu pro udržení zdraví a hmotnosti, a zároveň působila maximálně preventivně ve vztahu k onemocněním u zdravé populace. Doporučené množství makronutrientů se liší stát od státu, nicméně celosvětově je procentuální zastoupení makroživin velmi podobné: pro sacharidy 50-65 %, pro proteiny 10-25 % a pro tuky 20-35 % celkového energetického příjmu. Nejde ovšem jen o množství jednotlivých živin, ale především o jejich kvalitu (druh a zdroj). Vyvážený redukční jídelníček omezuje celkovou energii, ale měl by v zásadě dodržovat zásady rovnováhy mezi energií získanou ze sacharidů, bílkovin a tuků, jakož i doporučenou kvalitu každého makronutrientu.

Diety s nízkým obsahem sacharidů zdůrazňují změnu doporučené rovnováhy makronutrientů s omezením sacharidů, která se provádí eliminací nebo snížením příjmu specifických potravin či skupin potravin a jejich nahrazením potravinami s vysokým obsahem tuku a bílkovin. Všechny tyto dietní režimy omezují příjem sacharidů, ale význam definice používané pro pojem „nízko“ sacharidové a jejich konkrétní implementaci, poradenství či zdravotní tvrzení, poskytované k těmto režimům, se liší. Diety s velmi nízkou hladinou sacharidů ve stravě, nahrazují toto omezení dvěma způsoby: 1) vysokým obsahem jak bílkovin, tak i tuků 2) vysokým obsahem bílkovin, ale množství tuku je v doporučováném rozmezí.

Pro dosažení velmi nízkého příjmu sacharidů, předepisují tyto dietní režimy velmi nízké zastoupení zeleniny a ovoce, celozrnných potravin, luštěnin a jiných potravin obsahujících sacharidy. Je pravděpodobné, že tyto diety s nízkým obsahem sacharidů by mohly být škodlivé, zejména z dlouhodobého hlediska (Lagiou et al., 2012; Sjögren et al., 2010).

Poslední desetiletí je, především ve sportovní výživě, charakteristické hledáním alternativních cest k dosažení optimálního tělesného složení, ideálně současně se zachováním či lépe zlepšením sportovního výkonu. Současné trendy ve sportovní výživě sahají stále častěji k minimalizaci sacharidové složky (i do 30 g denně) a naopak k maximalizaci složky tukové, při které není hlavním energetickým substrátem pro lidské tělo glukóza, ale ketolátky (aceton, acetacetát, beta-hydroxybutyrát). Cílem moderních nízkosacharidových diet je, ve srovnání se standardními, vysokosacharidovými dietami, rychlá optimalizace tělesného složení s výrazným úbytkem podkožního tuku při maximálním zachování svalové hmoty a sportovní výkonnosti (Kysel et al., 2019).

Popsat nízkosacharidové režimy lze díky tomu velmi široce. Vysokotuková dieta a nízkosacharidová dieta jsou mnohdy zaměňovány nejen v populárních článcích, ale i samotné vědecké studie používají oba termíny. Definovat restrikcí sacharidů, lze jen stěží. Největší shoda, ale panuje v tom, že jakmile příjem sacharidů klesá pod 45 % celkového energetického příjmu (CEP), pak již lze mluvit o nízkosacharidové dietě. Jiné definice mluví o horní hranici 40 % CEP, či příjmu nižším než 200 g (ekvivalent dle pohlaví, tělesné hmotnosti a dalších aspektů). Obsah sacharidů v rozmezí 50-150 g denně lze označit jako ne-ketogenní nízkosacharidové režimy (Pilis et al., 2018). Posledním typem těchto sacharidy omezujících diet a zároveň ty, které sacharidovou složku omezují nejvíce, jsou tzv. Ketogenní diety. Jsou charakterizovány denním příjmem pod 50 g (ideálně do 30 g denně), či energetickým příjmem do 10 % CEP a naopak k maximalizaci složky tukové, při které není hlavním energetickým substrátem pro lidské tělo glukóza, ale ketolátky, vznikající právě při metabolismu tuků za podmínky dostatečného vyčerpání glykogenu (Westman et al., 2007). Poměr dalších makrolátek, vzhledem k minimalizaci sacharidové složky, je ve prospěch především tuků (příjem v rozmezí 60-80 % CEP), bílkoviny na úrovni 1,2-1,5g/kg tělesné hmotnosti/ den (Paoli et al., 2012).

Nízkosacharidové dietní režimy mají své limity v několika oblastech, které se o to více projevují při fyzickém výkonu, ať už aerobním či anaerobním. Prvním takovým limitem je bezpochyby rychlost dodání energie při výkonu – glukóza poměrně rychle poskytuje dostatečné množství energie na novotvorbu ATP a omezíme-li tento příjem na denní bázi, pak jsou o to rychleji spotřebovávány vlastní glykogenové zásoby ve svalech/játrech.

I z toho důvodu je snaha tyto glykogenové zásoby na jednu stranu maximalizovat, aby po čas výkonu vydržely co nejdéle anebo chránit, aby opětovně vydržely co nejdéle a sportovec měl v době potřeby konkurenční výhodu. Nízkosacharidové režimy nastalou situaci řeší právě vysokotukovou dietou (více jak 70 % energie hrazeno tuky), která by měla ušetřit svalový glykogen a využívá volných mastných kyselin (VMK), které slouží primárně jako energetické palivo. Už z principu je jasné, že dříve nebo později dochází k postupnému vyčerpání svalového glykogenu a tím ke snížení výkonnosti, která je nežádoucí. VMK nejsou schopny 100 % nahradit zásobní glykogen, a zvláště při krátkodobém anaerobním výkonu jsou VMK jako palivo absolutně nedostatečné.

Dalším rizikem je nevhodné uchopení a pochopení diety běžnou populací, která neřeší zdroje a kvalitu jednotlivých makroživin. Dieta s vysokým obsahem tuků obsahující nižší množství sacharidů je obezitogenní i diabetogenní, zatímco strava s velmi vysokým obsahem tuků a bez sacharidů, takovéto riziko nemá, ale může vést k inzulínové rezistenci a vyššímu riziku kardiovaskulárních chorob. Toto zjištění může naznačovat, že diety s vysokým obsahem tuků by mohly snadno vést ke vzniku nezdravé stravy, pokud by byly kombinovány se sacharidy, což právě zdůrazňuje význam složení makronutrientů více než kalorický obsah ve stravě (Guldstrand & Simberg, 2007).

Sportovní výkon ovlivňuje mnoho faktorů. Není to jen samotný trénink a specifika, která se k němu váží, ale i výživa a regenerace. Je tedy nutné popsat všechny aspekty výživy a sportovního tréninku, které mají vliv na výkonnost sportovce, ale i na zdraví ve všech jeho oblastech.

1 Literární rešerše sledovaného problému

1.1 Struktura sportovního výkonu

Sportovní trénink lze popsat jako systematický rozvoj všech jednotlivých složek sportovního tréninku v čase a jejímž cílem je dosažení maximální výkonnosti (individuální či týmové) v dané sportovní disciplíně. Výkon, jakožto míra splnění pohybového úkolu, je ve sportu popisována jako sportovní výkon, který je hodnocen dle pravidel dané disciplíny. Výkonnost je poté chápána jako schopnost opakovaně dosahovat daného výkonu.

Vstupními předpoklady pro výkon jsou pohybové schopnosti a pohybové dovednosti. Pohybové schopnosti lze definovat jako relativně stabilní soubor vnitřních genetických předpokladů k provedení konkrétního pohybového úkolu. Sem patří schopnosti silové, vytrvalostní, rychlostní, ale i obratnost a pohyblivost. Projevem pohybových schopností jsou pohybové dovednosti. Tyto dovednosti, získané učním, jsou nutným předpokladem pro realizaci výkonu v dané pohybové činnosti či jedná-li se o sport, pak ve sportovní disciplíně, kde jsou vymezené pravidly (Zahradník & Korvas, 2012).

1.1.1 Složky sportovního tréninku

Jako komponenty sportovního tréninku jsou označovány jednotlivé rozhodující oblasti, které tvoří kompletní obsah tréninkového procesu. Tyto složky předurčují konkrétní pohybový výkon jedince či týmu.

Kondiční složka tréninku systematicky rozvíjí pohybové schopnosti a tím i jejich konkrétní výstup prostřednictvím pohybové dovednosti. Kondiční složka v sobě nezahrnuje pouze rozvoj jednotlivých pohybových schopností, neboť sportovní disciplíny jsou mnohdy natolik rozličné, že je nutné v rámci sportovního tréninku kombinovat širokou paletu přístupů. Je ovšem nezbytné neopomenout tři základní principy – specifčnost (každá sportovní disciplína si žádá specifickou a konkrétní tréninkovou metodu rozvíjející konkrétní dovednost), velikost adaptačního podnětu (progresivní změna se děje pouze za předpokladu nadprahového podnětu) a progresivní nárůst výkonnosti (nutnost nárůstu objemu a intenzity v souvislosti s daným cyklem např. roční přípravy). Kondiční složka schopností je určena především energetickými ději a s tím souvisejícími faktory (Zahradník & Korvas, 2012). Podstatou míry specifčnosti kondičního tréninku je její přenositelnost do konkrétního

výkonu. Někteří autoři rozlišují specifitu na metabolickou, biomechanickou, kinetickou a psychologickou. Metabolická specifita respektuje sportovní výkon a snaží se mu maximálně přiblížit (či jej svou náročností předčít) v tréninkovém procesu. To lze docílit mnoha způsoby od zkrácení odpočinku, snížením počtu hráčů v poli, nahrazením stabilního profilu nestabilním, popř. omezením eventuálně rozšířením pravidel. Efektivita takové tréninku roste, nenahrazuje však technickou složku tréninku. S tím úzce souvisí kinetická specifita, neboť ta má za úkol aplikovat aspekty pohybu (timing, rychlost, síla, akcelerace aj.) v tréninku. Nelze finálně opomenout ani specifitu psychologickou, neboť pozornost, mentální úsilí a záměr sportovce vyplývá z kontextu, ve kterém je daná pohybová aktivita prováděna. Individuální přístup je podmínkou rozvoje osobnosti a musí respektovat každého sportovce. Mandatorní je odlišit druh a velikost adaptačních stimulů a zaměřit se na silné a slabé stránky každého jedince (Lehnert a kol., 2014).

Silové schopnosti jsou charakterizovány jako komplex vnitřních atributů, které umožňují překonat odpor vnitřních a vnějších sil dle požadovaného úkolu (Čelíkovský, 1990). Zatsiorsky a Kraemer (2014) definují dvě síly, které mají bezprostřední vliv na vyvinutí maximální síly. Jednak síla vnitřní (síly působící mezi kostmi, šlachami a kostmi) a především pak sílu vnější, jež vyvine sportovec ve vztahu k okolnímu prostředí. Perič s Dovalilem (2010, s.79) popisují silové schopnosti jako „*schopnost překonávat či udržovat vnější odpor svalovou kontrakcí*“. Lehnert a kol. (2014) definují sílu, jako schopnost, jež umožní překonávat, udržovat či brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém, případně statickém provedení svalové aktivity. Obdobně Bernaciková (2017) charakterizuje sílu ve shodě s předešlými autory. Svalová kontrakce může být podle Havla a Hnízdila (2009):

- izometrická – délka svalu se nemění, napětí narůstá s délkou výdrže (výdrž ve shybu),
- koncentrická – délka svalu se zkracuje, svalové napětí se mění (shyb),
- excentrická – délka svalu se prodlužuje, svalové napětí se mění (svis ze shybu).

Klasifikace silových schopností vychází nejčastěji z dvojího dělení. Na jednu stranu lze silové schopnosti odlišit na podkladě svalové kontrakce. Zde rozlišujeme sílu **statickou** (nedochází k evidentnímu pohybu částí těla) a sílu **dynamickou** (kontrakce způsobuje zjevný pohyb částí těla).

Především dynamickou oblast silových schopností můžeme dále členit na:

- maximální, absolutní síla – překonává maximální vnější odpor odpovídající svalovou partií, nejčastěji v jedno opakování (bench-press, leg-press, mrtvý tah, dřep, trh aj.),
- explozivní síla – výbušná síla překonávající nízký vnější odpor či hmotnost vlastního těla, maximálním acyklickým zrychlením zúčastněné svalové partie (hody, vrhy, odrazy),
- reaktivní síla – schopnost provést silový impuls v pohybové činnosti ve fázi extenze-kontrakce svalu (podstata plyometrických cvičení),
- vytrvalostní síla – schopnost opětovně zdolávat či brzdit nemaximální odpor břemene, eventuálně bez snížení účinnosti pohybové aktivity jej udržovat po delší časovou periodu (Lehnert a kol., 2014).

Pro rozvoj všech kondičních schopností, ty silové nevyjímaje, je nutné dodržovat obecné zásady. Mimo uváděné zásady týkající se samotného tréninku je, nejen v rozvoji silových schopností, klíčová úloha výživy a regenerace. Zásady jsou poté modifikovány vzhledem k cíli, v tomto případě k typu rozvíjené síly. Příprava na tréninkovou jednotku zahrnuje podle Lehnerta a kolektivu (2014):

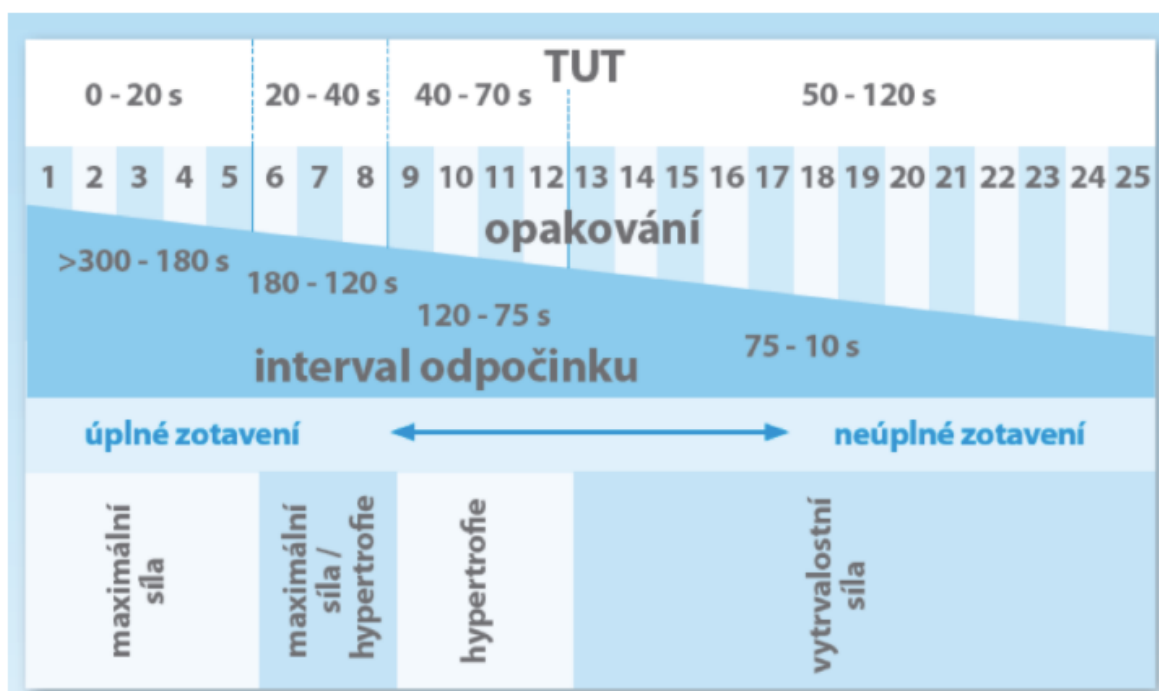
- výběr cviků (základní, doplňkové, vícekloubové, izolované aj.),
- intenzitu zatížení (maximální, submaximální atp.),
- délka trvání zatížení (TUT- „time under tension“, např. 15 s.),
- počet opakování v jedné sérii (např. 6-8),
- délka zotavení v rámci jedné série (např. 30-120 s.),
- počet sérií (např. 4),
- délka zotavení mezi jednotlivými sériemi (např. 60-120 s.),
- typ činnosti v průběh zotavení (např. protahování, pasivní odpočinek aj.).

Výběr z výše uvedených proměnných je nutné vybírat korektně, s ohledem na úroveň zdatnosti každého sportovce (Stoppani, 2008). V rozvoji silových schopností je uplatňována diferenciacie dle genderové příslušnosti a věku (Petr & Šťastný, 2012). Rozvoj silových schopností má i další determinanty, jež diferencují dílčí i finální výsledky. Mezi tyto proměnné patří:

- množství a struktura svalových vláken (hyperplazie vs. hypertrofie a vliv dědičnosti),

- svalová architektura (změna úhlu upnutí svalu v důsledku hypertrofie),
- hladina hormonů (především testosteron, růstový hormon, inzulin aj.),
- množství zapojených motorických jednotek (začátečník vs. výkonnostní sportovec, čím vyšší intenzita zatížení, tím vyšší podíl zapojených motorických jednotek a díky tomu kvalitnější rozvoj silových schopností),
- svalová koordinace (pozitivní vliv vícekloubových cvičení na synchronizaci jednotlivých svalů),
- sarkoplazmatická hypertrofie (aktivace růstových faktorů, specifické pro kulturistické tréninky – objem svalu neodpovídá jeho silovému výkonu),
- myofibrilární hypertrofie (zmnožení kontraktilních proteinů, specifické pro metody maximálních úsilí viz. dále. primární je nárůst síly na úkor hypertrofie svalu) (Bernaciková a kol., 2017).

Obr. 1 Vztah intervalu odpočinku, opakování a rozvíjené oblasti silových schopností (Petr & Šťastný, 2012 in Lehnert a kol., 2014).



Ženy, přestože budou mít shodně nastavený tréninkový plán, budou vždy dosahovat výrazně jiných výsledků. Důvodem je mimo jiné právě nedostatek mužských hormonů. Stejná situace nastává, byť přechodně, u dětí (Havlíček, 1973).

Vzhledem k poměrně velkému množství metod rozvoje silových schopností, jsme se zaměřili nejen na obecně známé metody, ale i na několik méně známých metod, které rozvíjejí maximální i submaximální silovou schopnost a sportovce jejich kombinacemi dosahují kvalitnějších výsledků.

V oblasti rozvoji silových schopností je vhodné pracovat s tzv. organizačními kombinacemi, které usnadňují a především zefektivňují daný tréninkový proces. Mezi ty nejznámější patří:

- Supersérie, gigantické série aj. – v tomto případě soustředíme dva a více cviků, mezi kterými není žádná či jen minimální doba odpočinku. Ta následuje po ukončení posledního cviku. Cviky jsou řazeny dle svalové skupiny na (a) antagonisty (biceps-triceps), či (b) synergisty (dva a více rozličných cviků na jednu svalovou partii).
- Předvyčerpání – na pohybovém úkolu vícekloubových svalů se podílí nejen hlavní rozvíjený sval, ale i pomocné skupiny svalů, které limitují náš maximální výkon pro danou hlavní svalovou skupinu. Proto je vhodné tento hlavní rozvíjený sval předvyčerpat izolovaným cvičením a poté hned zařadit cvik vícekloubový. Tím docílíme maximálního zatížení hlavního svalu.
- Pyramida – systém, jenž pracuje různými formami s kombinacemi opakování a velikosti odporu v jedné sérii. Existují pyramidy:
 - Vzestupná – první série má nejvyšší počet opakování. S každou další sérií se počet opakování snižuje přímo úměrně vzrůstající intenzitě zatížení,
 - Sestupná – je opakem pyramidy vzestupné. Začíná se sérií s nejvyšším odporem a nízkým počtem opakování,
 - Kombinace obou pyramid – spojuje principy obou pyramid. Obvykle se začíná pyramidou vzestupnou, kdy na vrcholné fázi se plynule přechází v pyramidu sestupnou (Perič & Dovalil, 2010).

Metody rozvíjející maximální sílu:

Metoda maximálních úsilí (těžkoatletická)

Touto metodou jedinec překonává největší možný odpor, který se pohybuje v rozmezí 95-100 % pro jedno opakovací maximum (OM). Díky tomu se počet opakování pohybuje na úrovni 1-3, rychlost provedení je malá, a naopak délka přestávek je, vzhledem

k požadavku maximální regenerace, v rozmezí 3-5 minut. Velmi podstatná je technika provedení daného cvičení a motivace sportovce. Tato metoda je absolutně nevhodná pro začátečníky a děti (Zatsiorsky & Kraemer, 2014; Perič & Dovalil, 2010).

Metoda excentrická (brzdivá)

Excentrická metoda klade na sportovce obrovské nároky z hlediska stresu, neboť hmotnost břemene je supramaximální, na úrovni 130-170 % pro opakovací maximum. Tento typ cvičení se zařazuje nepravidelně, obvykle 1x za 2-3 týdny. Jedním z hlavních důvodů totiž není primárně rozvoj síly, ale především potlačení silové bariéry. Podstata spočívá v brždění aplikovaného odporu. Velmi se klade důraz na rozcvičení sportovce, jeho zkušenosti, zajištění asistence po celou dobu opakování a délka opakování (TUT) by měla být v rozmezí 2-3 s. (Dovalil, 2012) či 10-15 s. (Lehnert a kol., 2014).

Metoda izometrická

Izometrická kontrakce se nejčastěji kombinuje s jinými metodami. Je vhodné ji zařadit např. po vykonání dynamické fáze. Metoda spočívá v překonávání nezdolného odporu např. tlak proti stěně, proti zarážce na stojanu aj. Doba svalová kontrakce by měla být v rozmezí 5-15 s. Opětovně se nedoporučuje tuto metodu zařazovat příliš často, neboť nerozvíjí nervosvalovou koordinaci (Lehnert a kol., 2014; Dovalil, 2012).

Metody aplikující nemaximální odpory:

Metoda intermediární

Metoda velmi podobně kombinuje dynamické a statické zatížení. Odlišnosti jsou především ve způsobu statického zatížení. Sportovec tentokrát nevyvíjí maximální sílu proti nezdolné překážce, ale po několika dynamických opakováních pohyb zastaví a následně setrvává po dobu přibližně 5 s., poté pokračuje s dynamickým opakováním. V průběhu jedné série se toto zastavení opakuje 2-4x. Velikost odporu odpovídá nemaximálnímu zatížení na úrovni přibližně 80 % maxima (Perič & Dovalil, 2010; Havel & Hnízdl, 2009).

Metoda opakovaných úsilí

Metoda opakovaných úsilí neboli kulturistická metoda je nejpoužívanější metodou z hlediska četnosti, neboť je i méně náročná na volní úsilí a centrální nervovou soustavu.

Počet opakování je nepřímě úměrný procentu opakovacího maxima. Se vzrůstající hmotnostní břemena s snižuje počet opakování i rychlost provedení. V této souvislosti je zajímavým rozdílem, jak je na tuto metodu nahlíženo. Poměrně často se můžeme v literatuře setkat s hodnocením právě na podkladě počtu opakování a hmotnosti břemena. Zde je na metodiku zatěžování nahlíženo rozličně. Zatsiorsky a Kraemer (2014) doporučují počet opakování 4-6 s břemenem o velikosti více, jak 85 % opakovacího maxima, pokud chceme stále stimulovat především maximální sílu. Perič s Dovalilem (2010) naproti tomu doporučují 8-15 opakování s hmotností břemene okolo 80 %. Dovalil (2012) rozšiřuje poté rozpětí hmotnosti břemene na 60-80 %, počet opakování zůstává stejný. Jansa s Dovalilem (2007) popisují stejné počty opakování a odpor břemene charakterizuje, jako nemaximální. Ve shodě zůstávají i autoři Havel s Hnízdilem (2009). Na druhou stranu se ukazuje, že pro tuto metodu může být stěžejní i další uvedená veličina a tou je doba, po kterou je odpor břemene překonáván tzv. TUT viz. výše. Lehnert a kol. (2014) poukazují na přímou úměrnost času pod zatížením ve vztahu k cílovému progresu. Z toho je evidentní, že průměrných 10 opakování nám ještě nemusí příliš vypovídat o efektivitě takového tréninku, potažmo metody. Časové hodnoty a jejich vliv na rozvíjený parametr viz. obr 2.

Obr. 2 Vliv TUT na rozvíjený silový parametr (Petr & Šťastný, 2012 in Lehnert a kol., 2014)

TUT	efekt zátěžového svalstva	primární energetický zdroj
1 - 10 s	nejvyšší účinek na maximální sílu, silově rychlostní efekt	ATP-CP
11 - 20 s	maximální síla, silově rychlostní efekt, nevýznamná hypertrofie	ATP + zvyšující se podíl CP
20 - 40 s	hypertrofie spolu s účinkem na maximální sílu	glykogen/ATP-CP
40 - 70 s	maximální hypertrofie	glykogen
nad 70 s	silová vytrvalost, nevýznamná hypertrofie	glykogen

Metoda rychlostní

Metoda rychlostní, či tzv. dynamických úsilí rozvíjí především tzv. rychlostní sílu. Velikost odporu je na úrovni 40-60 %, rychlost provedení je vysoká. Počet opakování je na úrovni 6-12. Čas, po který je cvičení vykonáváno, je maximálně do 15 s. Rychlost provedení by neměla klesnout pod 50 % rychlosti souhlasného cvičení bez odporu břemene. Pokud se tak stane, mělo být cvičení ukončeno (Jansa & Dovalil, 2007; Havel & Hnízdil, 2009).

Metoda silově vytrvalostní

K zajištění optimálního rozvoje silové vytrvalosti, je nutné snížit odpor břemene, ideálně do 50 % maxima. Jádrem této metody je poté maximální počet opakování (20-50), nejčastěji až do vyčerpání (Jansa & Dovalil, 2007). Tento způsob rozvoje vyvolává změny nejen v nervosvalovém systému, ale i v kardio-respiračním. Velmi vhodnou formou rozvoje může být kruhový trénink, kdy lze dávkováním minimálního času k odpočinku mezi jednotlivými cvičeními, docílit právě stimulaci silové vytrvalosti. Podmínkou je však striktní provedení a dále dodržení intenzity zatížení, kterou lze sledovat např. prostřednictvím tepové frekvence (Perič & Dovalil, 2010). Rychlost pohybu je střední až pomalá. Dle autorů Havla a Hnízdila (2009) požadované stimulace silově vytrvalostních (aerobní, anaerobní) schopností, volíme a pozměňujeme intenzitu tréninku (nižší/ vyšší zátěž, tempo vyšší/nižší, delší/kratší odpočinek, delší/kratší doba cvičení).

Metoda kruhového tréninku

Kruhový trénink je dnes poměrně oblíbená forma skupinových cvičení. Kruhový trénink zapojuje vybrané svalové skupiny při cvičeních na jednotlivých stanovištích. Výběr stanovišť je dán cílem tréninku, případně úrovní trénovanosti jednotlivých cvičenců. Obvyklá pravidla kruhového tréninku:

- počet stanovišť je v rozmezí 6-12,
- střídání zaměření cvičení dle svalové partie,
- cvičení jsou známá a dobře zvládnutelná,
- přesně dané pořadí stanovišť,
- únavu lze dávkovat a oddalovat délkou přestávek mezi jednotlivými stanovišti či po ukončení celého okruhu, případně posloupností cvičení
- efektivní využití času a prostoru, možné zapojení více sportovců,
- počet okruhů 2-5,
- celková doba trvání 15-45 min., 1-3x týdně, doba setrvání na stanovišti 15-90 s.
- zatížení se dá velmi dobře individualizovat (Havel & Hnízdil, 2009; Lehnert a kol., 2014).

Metoda balistická

Velmi nízká míra intenzity odporu umožní sportovci maximálním možným úsilím provést, co nejrychlejší pohybový úkon. Velmi vhodné při rozvoji sportovců s explozivní potřebou pohybu (vrhy, odhody, či bojové sporty). Vyvíjená síla významně přesahuje odpor náčiní (Lehnert a kol., 2014).

Metoda plyometrická

Plyometrická či rázová metoda se zakládá na tzv. svalovém předpětí. Tato tonizace svalu vytváří osobité podmínky maximálně rychlou a silnou svalovou kontrakci. Tonizace je vyvolaná častokrát kinetickou energií např. seskokem či pádem z konkrétní výšky. Dopadem se aktivizuje krátká brzdivá kontrakce svalu, po které neprodleně nadchází kontrakce aktivní, explozivní např. výskok. Právě tato brzdivá kontrakce vytváří lepší podmínky pro následující výskok, než kdyby tomu nepředcházela. Pohyb by měl být plynulý. Počet opakování je doporučován okolo 6 v sérii, kterých se doporučuje méně, ideálně v rozmezí 3-5. Doba odpočinku mezi sériemi je relativně dlouhá, 3-8 minut, neboť nároky na únavu CNS jsou enormní (Havel & Hnízdil, 2009; Perič & Dovalil 2010; Lehnert a kol., 2014).

Metoda izokinetická

Základem této metody je nutnost cvičení na specifických posilovacích prostředcích, které byly vyvinuty, aby stimulovaly velikost odporu v závislosti na množství vyvíjeného úsilí. Rozsah pohybu je předem vymezený, stejně tak rychlost by měla být konstantní. Metoda je vhodná jako doplňková, neboť v tréninku nedochází k stimulaci svalů se stabilizačním účinkem. Zapojené svaly vyvinují maximální dynamické napětí při stále stejné rychlosti pohybu (Havel & Hnízdil, 2009; Perič & Dovalil 2010; Lehnert a kol., 2014).

Metoda posilování celého těla („Fullbody“)

Jak již název této metody napovídá, v rámci tréninkové jednotky je vždy odcvičeny všechny hlavní svalové partie. S ohledem na vysoký počet partií, je nutné snížit počet sérií na každou partii. Nejčastěji se uvádí 1-2 cviky na každou svalovou skupinu a celkovým počtem 4-6 sérií na partii. Takový trénink předpokládá nižší intenzitu zatížení, než například dělený trénink (split): 1-2 procvičené partie v tréninkové jednotce), vysokou motivaci a zaměření sportovce. Na druhou stranu již při tréninku 3x týdně, sportovec odcvičí danou partii násobně

vícekrát než při jiných systémech. Vzhledem k nižšímu počtu sérií na partii, trvá regenerace kratší dobu (Stoppani, 2008).

Metoda posilování horní a dolní poloviny těla

Na pomezí mezi tréninkovým systémem posilování celého těla v jedné tréninkové jednotce a metodou opakovaných úsilí formou děleného tréninku (viz. výše) je systém, který odděluje procvičení svalových partií horní a dolní poloviny těla. Každý z těchto segmentů je oddělen v jiné dny. Výhodou ji koncentrace na méně svalových částí těla (a více sérií) a na druhou stranu vyšší frekvence zapojení svalových skupin během týdne. Z obou přístupů si tak tato metoda rozvoje bere to pozitivní. S ohledem na navýšení počtu konkrétních cvičení na partii, spolu s nárůstem počtu sérií, je nutná delší rekonvalescence (Stoppani, 2008).

Metoda Korte

Původně powerlifterský trénink pro rozvoj maximální síly v kombinaci s maximální možnou hypertrofií svalstva, je zaměřen na základní cviky. V každé tréninkové jednotce se cvičí vždy tři základní cviky-dřep, mrtvý tah, bench-press. Počet tréninkových jednotek je omezen na tři v týdnu. Každý trénink začíná jiným cvičením čili pořadí této základní trojice je v každé jednotce odlišný. Hmotnost břemene odpovídá na počátku 60-70 % maxima, nicméně se s každým týdnem progresivně zvyšuje nejčastěji o 2-5 %. Počet opakování v každé sérii je 5. Počet sérií je totožný s počtem opakování. Jedinou výjimku vždy tvoří první cvik v pořadí, u kterého je počet opakování i sérií 6. Celý tréninkový předpis se doplňuje o doplňková cvičení na rozvoj síly bicepsu, tricepsu, deltových svalů aj. Původní předpis Korteého tréninku se stával ze dvou čtyřtýdenních programů. V prvním (popsaném) programu se budoval tréninkový objem, navazující druhá fáze stimulovala právě rozvoj maximální síly. V druhé fázi se snižuje počet opakování a zvyšuje se hmotnost břemene – sportovec zahajuje na 80 % maxima a s každým dalším týdnem přidává 5 %. V tréninku se vždy jedinec soustředí na jeden konkrétní cvik (s intenzitou 80 a více procent) a zbylé dva cviky procvičí s intenzitou na úrovni 60 %. Metoda je velmi účinná, nicméně zde hrozí vysoké riziko přetrénování a z ní plynoucí potenciální zranění (Roubík, 2012).

Metoda elektromyostimulace (EMS)

Metoda EMS byla původně využívána především v rehabilitačních procesech, v rámci onemocnění tkání. Významná výhoda je možnost zacílit elektrické impulsy na konkrétní partii, zároveň stimulací jsme schopni zapojit až 100 % svalových vláken. Metoda vyžaduje speciální elektrostimulátor a proškolenou osobu, jež správně umístí elektrody. V průběhu této metody lze operativně zasahovat do procesu EMS v těchto oblastech:

- Změna elektrického impulsu
- Frekvence impulsů
- Doba trvání stimulu
- Interval relaxace (čas mezi stahy)
- Kvantum iterací (Grasgruber & Cacek, 2008)

Metoda „Bear routine“

Moderní varianta objemového tréninkového plánu, jejímž autorem je uznávaný Pavel Tsatsouline. Tréninkový plán se skládá z komplexních, vícekloubových cviků, předpokládá tedy jistou technickou vyspělost sportovce. Velmi obdobně jako u metody Korte, se na počátku záměrně snižuje vstupní intenzita, aby se naopak mohla postupně navyšovat a celý tréninkový plán byl realizovatelný. Základními cviky jsou bench-press, mrtvý tah, dřep, přitahy v předklonu, shyby, kliky na bradlech a tlaky na ramena. V jednom dni jsou vždy 2 základní cviky, kdy každý z nich je procvičen v rozmezí 12-17 sériemi po 5 opakováních. Velmi důležité jsou první dvě opakování, která jsou prováděna z 80 % maxima pro jedno opakování. Poté se intenzita snižuje na 70 % se kterými se dotrénuje zbylý počet sérii (10-15). Délka přestávek mezi sériemi je obvyklá – u prvních dvou opakování 3-5 minut, u zbylých sérií poté 90-120 s. Čtenost tréninkových jednotek je stanovena na 3x týdně. I zde se progresivně navyšuje intenzita zatížení – každý týden zhruba v rozmezí 2-5 kg. Takovýto tréninkový plán je obvykle předepisován na 6-8 týdnů (Tsatsouline, 2000).

Metoda kontrastní (variabilního působení)

Kombinace metod opakovaných úsilí a metody rychlostní, jež v sobě spojuje střídání odporů odlišných velikostí a tím i variability rychlosti pohybu a počtu opakování. Intenzita má

široké rozpětí 30-80 % opakovacího maxima s počtem opakování 5-10. Metoda rozvíjí výbušnou a rychlou sílu (Havel & Hnízdil, 2009).

Metoda pěti procent

Princip spočívá v navýšení intenzity opakovacího maxima o 5 % v každé tréninkové jednotce a zároveň počet opakování klesá o jedno. Podstatné je aplikovat uvedený algoritmus na základní, vícekloubové cviky. K procvičení jedné partie je použito maximálně třech cviků. Opětovné procvičení stejné partie by nemělo nastat dříve, jak po pěti dnech (Stoppani, 2008).

V rámci dalších metod rozvoje silových schopností existuje poměrně nepřeborné množství, které posléze kombinují nejčastější a zde uvedené metody. Nedáváme si tedy za cíl postihnout kompletně všechny. Především Stoppani (2008) uvádí relativně velký výčet metod, jež označuje dle základního proměnného znaku. Lze tak aplikovat metody manipulující s přestávkami mezi sériemi, s výběrem cviků, s frekvencí opakování, s odporem, ale i se samotnými opakováními. I samotní siloví sportovci a jejich trenéři kombinují více či méně známé metody. Vždy však platí jisté obecné zásady, která je nutno dodržovat:

- Pravidlo bezpečnosti – pro rozvoj silových schopností je riziko zranění zdaleka nejvyšší v porovnání s rozvojem ostatních kondičních schopností. Nutné je tedy se vždy řádně rozcvičit a organismus na zátěž připravit. Stejně tak věnovat pozornost pocitu vyčerpání.
- Pravidlo koncepce, rovnoměrného zatěžování – vyvarovat se svalovým dysbalancím, neupřednostňovat jednu svalovou partii před druhou (Dovalil, 2012).
- Pravidlo periodizace – časové a obsahové segmentace rozvoje výkonnostního potenciálu.
- Pravidlo individualizace – ctít věkové, genderové a další zvláštnosti každého jedince (Bubníková & Kysel, 2019).

Rychlostní schopnosti můžeme vymezit jako schopnost provést pohyb bez odporu v co nejkratším časovém úseku. Skutečná pohybová činnost je vykonávána s maximálním úsilí v čase do 15 s. Rychlost je nejvíce geneticky determinovanou kondiční schopností a je úzce

spjata s „rychlou“ silou (viz. silové schopnosti), dále pak s koordinací a pohybovým učením (Choutka & Dovalil, 1991; Perič & Dovalil, 2010; Lehnert a kol., 2014).

Rychlostní schopnosti lze třídit na:

Reakční rychlostní schopnosti, které jsou definovány jako schopnost započít pohyb na daný impuls v co nejkratším čase (Měkota & Novosad, 2005). Impulzy mohou být jednoduché či složité, nejčastěji sportovec reaguje na optický/ vizuální, taktilní, akustický či kinestetický signál. Ukazatelem je reakční doba – časový úsek od vzniku smyslového stimulu k iniciaci volní reakce. Jednoduchá reakce (např. start na signál) je neměnný způsob odpovědi na podnět v řádu milisekund. Ve větší míře je determinován geneticky. Na druhou stranu výběrová reakce se se stupňující výkonností zkracuje (např. korekce oblouku v lyžování na předem nečekanou událost) (Lehnert a kol., 2014).

Realizační rychlostní schopnosti lze popsat jako schopnost provést pohybový výkon v co nejkratším čase, či s maximální frekvencí (Čelíkovský, 1990; Havel & Hnízdil, 2010).

Struktura rychlostních schopností se člení dle výsledného projevu:

- Rychlost reakce na konkrétní podnět
- Rychlost jednotlivých pohybů (acyklická rychlost) či jednorázové provedení (smeč, hod, skok)
- Rychlost lokomoce (cyklická rychlost) dovoluje opakovat soustavu pohybů a maximální frekvencí či rychlostí. Dílčí schopnosti jsou:
 - akcelerace – maximální fáze zrychlení má být dosaženo v co nejkratším úseku,
 - frekvence – rychlost opakujících se pohybů v čase,
 - rychlá změna směru – odvislá od zrychlení, zpomalení, koordinace aj. (Havel & Hnízdil, 2010; Perič & Dovalil, 2010; Lehnert a kol., 2014).

Metody rozvoje rychlostních schopností jsou vymezeny, obdobně jako u všech kondičních schopností, metodotvornými činiteli:

- intenzita cvičení – submaximální až maximální, v některých tréninkových přístupech lze kontrolovaně docílit i supramaximálních intenzit (seběh z kopce, jízda v pelotonu, expandery),

- doba zatížení – je tak dlouhá, dokud je sportovec schopen udržet maximální potenciální intenzitu, ideálně do 15-20 s.),
- počet opakování – obdobná situace, jako o doby zatížení, neboť počet opakování je odvislý od maximální intenzity, kterou je jedinec schopen udržovat. Jakmile se výkon snižuje, je dobré cvičení ukončit, neboť by se stimulovala jiná kondiční schopnost. Obvyklý rozpis počítá s 2-10 opakováními v jedné sérii,
- délka odpočinku – interval je opětovně odvislý od schopnosti dosahovat maximálních výkonů. Interval odpočinku volíme okolo 2-3 minut, či v poměru 1: 10 např. při 10 s zatížení volíme 100 s/ jednu minutu a 40 s dlouhou pauzu,
- počet sérií – nejčastěji v rozmezí 3-5,
 - charakter odpočinku by měl být aktivní, ale nenáročný (chůze, protahování aj.) (Havel & Hnízdil, 2010; Perič & Dovalil, 2010; Lehnert a kol., 2014).

Metody rozvoje rychlostních schopností jsou určeny typem rychlosti, který má být rozvíjen. Rozvoj reakční rychlosti je poměrně náročný úkol, přesto existuje několik metod.

Metoda opakování

Nejjednodušší metodou je opakovat reakce na daný signál. Opakovaným nácvikem lze zlepšit reakční rychlost, nicméně posun není takový, neboť jak již bylo zmíněno, tak rychlost vedení vzruchu je dáno zejména geneticky (Lehnert a kol., 2014).

Metoda analytická

Pohyb se rozčlení do několika dílčích úseků a ty jsou poté stimulovány jednotlivě (Havel & Hnízdil, 2010).

Pro rozvoj realizačních rychlostních schopností je nutné oddělit metody pro acyklickou a cyklickou rychlostní schopnost.

Metody rozvoje acyklické rychlosti

Rozvoj acyklické rychlosti je velmi úzce spjat s rozvojem explozivní síly a mnohdy se tam tréninkové metody podobají. Nejvíce se zde uplatňuje bezpochyby metoda plyometrická a obecně metody pro rozvoj rychlé síly. Vždy je nutné věnovat zvýšenou pozornost technické provedení pohybu (Perič & Dovalil, 2010).

Metody rozvoje cyklické rychlostní schopnosti

Rozvoj cyklické rychlostní schopnosti je v největší míře charakterizován **metodou opakování**. Neustálé opakování tělesných cvičení hraničící s maximální rychlostí (Havel & Hnízdl, 2010).

Metoda kontrastní

Kombinace kontrastu tréninku rychlostních schopností za ztížených a poté běžných či zlehčených podmínkách (Lehnert a kol., 2014)

Metoda rezistenční (odporová)

Metoda je založena na podkladě ztížení podmínek, za kterých rozvoj rychlostních schopností probíhá. Používá se rozličných náčiní, jež brzdí rychlost sportovce. Mezi ně patří např. zátěžové vesty, padáky, pneumatiky aj. Zátěž nesmí být příliš velká, aby nebránila technickému provedení pohybového úkolu. Optimálně je nastavena na 10-15 % tělesné hmotnosti (Lehnert a kol., 2014).

Metoda asistenční

Metoda aplikuje pomocná náčiní (např. expandery), aby tak dopomohla sportovci k zrychlení pohybu, snížení hmotnosti či odporu vnějšího prostředí. Pomocné prostředky dopomáhají sportovci adaptovat se na vyšší rychlosti, případně překonat „rychlostní bariéru“. Je relativně náročná na koncentraci a únavu (Havel & Hnízdl, 2010; Perič & Dovalil, 2010; Lehnert a kol., 2014).

Rychlostní schopnosti v sobě skrývají širokou škálu výkonů a tím i rozsah metod k jejich naplňování je obšírný a navzájem kombinovatelný. Velmi podstatné je, aby si sportovec všechna cvičení řádně osvojil po technické stránce. Veškerá rychlostní cvičení by měla být zařazována na začátek tréninkové jednotky po důkladném rozcvičení. Trénink je vhodné obměňovat, aby nedocházelo ke vzniku rychlostní bariéry. Trénink síly a rychlosti by měl být vhodně koordinován, aby byla rozvíjena rychlá a výbušná síla. S rostoucí náročností koordinačních cvičení se rozvíjí význam i tzv. agility (svižnost, hbitost sportovce) (Lehnert a kol., 2014).

Vytrvalostní schopnosti

Poslední z rozvíjených kondičních schopností jsou vytrvalostní schopnosti. Vytrvalostní schopnosti mají úzký vztah ke kardiorespirační zdatnosti a tím obecně k zdraví jedince a jeho kvalitě života. Mnohdy se tam na vytrvalostní schopnosti nenazírá pouze úhlem sportovním, ale i zdravotním. Optimalizace zdravotního stavu je odvislá od kardiorespirační zdatnosti a minimalizace patogenních faktorů, jakými jsou např. stres, špatná životospráva, kouření či nadužívání léčiv. Mnohdy tím prvotním krokem nápravy je na počátku rozličná forma aerobního zátěže. Je-li cílem zdravotní či fyzická zdatnost není až tak podstatné. Zásadním aspektem je nepoškodit organismus jedince nesprávnými návyky a maximalizovat účinek takové pohybové aktivity.

Vytrvalostní schopnosti jsou definovány jako schopnost provádět pohybovou činnost danou intenzitou po relativně dlouhou dobu, eventuálně ve vymezeném čase bez snížení její efektivity. Dle stanovených cílů, lze vytrvalost rozlišit na obecnou a speciální (Havel & Hnízdil, 2012; Lehnert a kol., 2014). Obecná vytrvalost chápeme jako nespecifickou schopnost realizovat dlouhotrvající aktivitu v aerobním režimu. Obecná vytrvalost je předpokladem pro trénink vytrvalosti speciální. Ta naopak je vymezena již konkrétní zaměřeností na sportovní výkon, jakožto schopnost čelit specifickému zatížení dle specializace. Vytrvalost lze dělit dle několika hledisek:

- Dle energetického krytí (viz. příslušná kapitola)
 - aerobní – energie krytá zejména aerobní glykolýzou a lipolýzou,
 - anaerobní – energie krytá anaerobně-alaktátovým metabolismem (ATP, CP) a anaerobně-laktátovým metabolismem (glukóza).
- Dle doby trvání zatížení
 - rychlostní vytrvalost (sprinterská) – doba zatížení se pohybuje od 10-50 s,
 - krátkodobá vytrvalost – závodní činnost v rozmezí 50-2/ 3 min.,
 - střednědobá vytrvalost – cyklický vytrvalostní výkon v rozmezí 2-10 min.,
 - dlouhodobá vytrvalost – od 10 minut zatížení považujeme vytrvalost za dlouhodobou. Někteří autoři ještě odlišují I-IV. stupeň dlouhodobé vytrvalosti s ohledem na odlišnost např. v intenzitě, tempu, regeneraci, výživu před/ při/ po výkonu a jiné proměnné.

- Dle zapojení svalstva
 - lokální – zapojení menších svalových partií,
 - globální (celková)- pohyb obstarává více jak 2/3 svalstva těla.
- Dle druhu svalové činnosti/ svalové kontrakce
 - dynamická – vytrvalost v pohybová,
 - statická – bez pohybu, udržení konkrétní pozice (Perič & Dovalil, 2010; Havel & Hnízdl, 2012; Lehnert a kol., 2014).

Stimulace vytrvalostních schopností podléhá konkrétním metodám rozvoje. Vytrvalostní výkony jsou determinovány různorodými činiteli, z nichž nejpodstatnější jsou:

- Tělesná hmotnost
- Kapacita příjmu O₂
- Volní vlastnosti jedince, odolnost vůči únavě, motivace
- Způsob uhrazení energetických potřeb (energetické substráty)
- Technická vyspělost provedené aktivity
- Převažující typ vytrvalosti ve vztahu k pohybové aktivitě (Máček & Radvanský, 2011).

Výběr výše uvedených činitelů aktivně prostupuje tréninkovými metodami. Mimo ně, lze opětovně poukázat na metodotvorné činitele, které determinují celý proces (v krátko i dlouhodobém horizontu), dávají tréninkovému plánu strukturu a jasný plán:

- Intenzita zatížení, srdeční frekvence
- Objem zatížení
- Rychlost
- Délka tratě
- Počet opakování
- Délka a způsob odpočinku mezi opakováními a sériemi
- Počet sérií (Havel & Hnízdl, 2012).

Metody souvislé, kontinuálního charakteru

Smyslem těchto metod je kontinuální zatížení bez přerušení. Výsledným efektem je rozvoj základní a dále středně a dlouhodobé vytrvalosti aerobního charakteru.

Metoda souvislá

Doba zatížení bývá minimálně 30 minut a více, s intenzitou zatížení na úrovni do 150 tepů/min (extenzivní metoda). Vzhledem k hodnotě srdeční frekvence probíhá tento typ tréninku v aerobním režimu (Perič & Dovalil, 2010). Je-li tepová frekvence na úrovni hodnot od 150-190 tepů/min., mluvíme o intenzivní metodě s postupným posunem anaerobního prahu (Lehnert a kol., 2014).

Metoda střídavá

Aplikováním této metody se v tréninkovém procesu mění intenzita zatížení. To lze dosáhnout nejčastěji dvěma způsoby. **Řízená střídavá metoda** je charakterizována předem navrhnutými úseky, v nichž bude docházet ke střídání nízké a vysoké intenzity. Srdeční frekvence má široký rozptyl od 120-190 tepů/min s aerobním až anaerobním zatížením. Doba trvání takové aktivity je od 30 do 60 min. Druhým způsobem je tzv. **Fartlek**, v němž opětovně dochází ke změnám na úrovni intenzity, nicméně úseky nejsou předem navrženy, ale jsou výsledkem volby profilu terénu, jež determinuje tempo sportovce, stejně jako jeho subjektivní pocity. Intenzita a doba zatížení je stejná jako u řízené střídavé metody (Lehnert a kol., 2014).

Metody přerušovaného zatížení (metody intervalové)

Uvedené metody jsou charakteristické střídání fáze zatížení a odpočinku, během kterého dochází k částečnému doplnění energetických substrátů. V klasické formě **intervalové metody** trvá délka zatížení od krátkých 10 s až po 15 min, a intenzita zatížení je od 80 % srdeční frekvence výše. Vzhledem k vysokému nárůstu laktátu, je nutné tuto skutečnost kompenzovat aktivní formou odpočinku do 50-60 % VO_{2max} , což přibližně odpovídá tepové frekvenci 120-130 tepů/min. **Extenzivní intervalová metoda** nedosahuje takových hodnot tepové frekvence (70-80 %), nicméně interval odpočinku je zkrácený, a proto u této metody dochází k poměrně vysokému nárůstu laktátu. Z obecného hlediska je poslední metodou **intenzivní intervalová metoda**, při níž je sportovec nucen dosahovat vysokých hodnot intenzity po relativně krátkou dobu (do 60 s). Interval zotavení odpovídá délce zatížení. Metody rozvíjející krátkodobou vytrvalost stimulují organismus sportovce, aby dokázal pracovat, při vysoké hladině laktátu v krvi, co neoptimálněji. Zde se uplatňují velmi významně volní vlastnosti každého jedince, neboť takový trénink je velmi nepříjemný až

bolestivý. Rozvoj rychlostní vytrvalosti v sobě slučuje přístupy k tréninku silových a rychlostních schopností, čímž je nutné dodržovat dostatečně dlouhé intervaly odpočinku (Jansa & Dovalil, 2007; Perič & Dovalil, 2010; Havel & Hnízdl, 2012; Lehnert a kol., 2014).

Rozvoj koordinačních schopností není determinován energetickými procesy, ale především procesy spjatými s koordinací a regulací pohybové činnosti. Řadíme sem především schopnosti diferenciatní, orientační, rovnováhové, rytmické a jiné (Měkota & Novosad, 2005).

Klíčovými oblastmi sportovního tréninku jsou tzv. **složky sportovního tréninku**. Žádná ze složek není nadřazená ostatním. Naopak je žádoucí vnímat komplexitu a jedinečnost každého jedince.

Technická složka tréninkového procesu je obvykle nastavena na získávání, růst, konsolidaci a transfer pohybových dovedností. Z tohoto pohledu lze pohybové dovednosti dělit na fundamentální (vycházející z přirozeného ontogenetického vývoje člověka – běh, skok, hod aj.) a sportovní (odpovídající obsahu konkrétní sportovní dovednosti) (Zahradník & Korvas, 2012). Způsob provedení, neboli technická realizace sportovní dovednosti, je významným faktorem sportovního výkonu (Jansa & Dovalil, 2007).

Taktická složka se v rámci sportovního tréninku zaměřuje na funkční řešení jednotlivých i obsáhlejších úkolů směřujících k vítězství v rámci pravidel daného sportu. Rozhodujícími pojmy jsou zde strategie a taktika. Strategie znamená předem připravený účelný plán sportovního boje, který je podložen předchozí zkušeností. Naproti tomu taktika realizuje strategii v konkrétní situaci a reaguje tak na aktuální herní či jinou situaci (Zahradník & Korvas, 2012).

Psychologická složka poukazuje na individualitu každého člověka a tím na potřebu příznivého ovlivnění osobnosti sportovce nejen v době soutěže, ale i po dobu trvání sportovní přípravy a s ohledem na dosahování maximální výkonnosti v co nejdelším časovém rozpětí (Zahradník & Korvas, 2012).

Psychologický trénink ve sportu se může uplatňovat i z dlouhodobého hlediska při zvládání nároků obvyklého života. Stablní sebedůvěra, vysoké soustředění, či schopnost uvolnit se

před výkonem mají zvláštní význam i při rozličných životních situacích (Seiler & Stock, 1996).

Zde je velmi podstatné uvědomit si právě jedinečnost každého jedince a přistupovat k němu, jako k originálu. Osobnostní předpoklady ve sportu lze kategorizovat různorodými metodami. Zásadními jsou v tomto ohledu vrozené a získané vlastnosti osobnosti: postoje a jejich stálost, charakter (píle, sebedůvěra, houževnatost, svědomitost, cílevědomost...), temperament aj. Právě zmíněné vlastnosti odlišují míru adherence každého jedince k tréninku, výživě a dalším specifickým oblastem sportovního či každodenního života jedince.

Temperament osobnosti si zaslouží širší popis než jen stručný výčet, neboť typologie osobnosti velmi významně ovlivňuje přístup sportovce k tréninku a k okolnostem s tréninkem spojenými. Pro potřebu sportovního výkonu lze pracovat s několika teoriemi typologie temperamentu, jakožto dynamickému projevu duševních procesů. Vzhledem k tomu, že mnoho trenérů, ale i sportovců pracuje s temperamentem, uvedeme jen ty klasické, nejznámější, na které se nejvíce odkazuje.

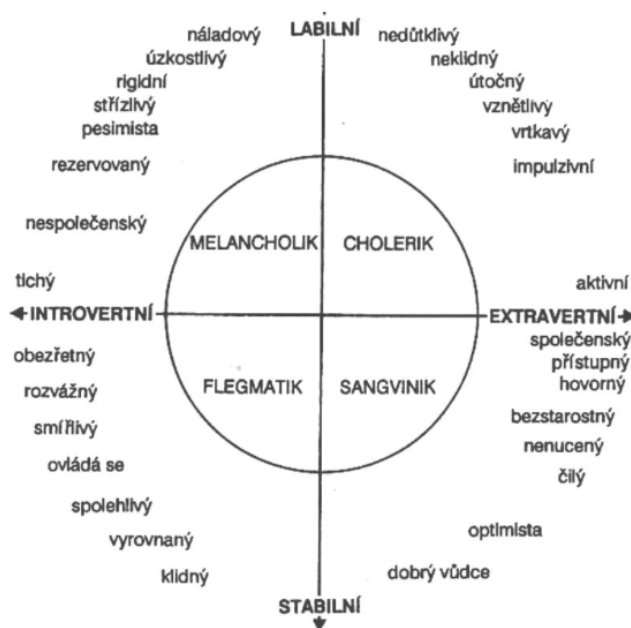
Jednou z nejznámějších je klasická, fyziologická **Hippokratovsko-galenovská** humorální teorie, které ovlivňují naše reakce na konkrétní podnět (Nakonečný, 1998). Čtyřkomponentová teorie temperamentu odlišuje hlavní typy lidských povah. Jejím negativem je vyhraněnost, nezakomponování přechodných typů. Každý typ má své kladné i záporné vlastnosti. Nelze objektivně říci, že by jakýkoliv typ byl preferovaný. Navíc mnoho teorií již dnes dokázalo, že člověk je multidimenzionální osobnost (Smékal, 2002). Sangvinik (sanguis-krev) bývá označován jako veselý, společenský, v kolektivním sportu bývá pojítkem mezi ostatními členy týmu. Nestálost, až přelétavost sangvinika může přispět k jeho negativnímu přijetí. Cholerik (cholé-žluč) se lehko nechá vybudit, lehce rozhněvat, je hodně emocionální. Je dobrým motivátorem, dokáže ostatní vyburcovat k lepším výkonům. Rizikem je hranice, kam až cholerik zajde a jak jsou tyto emoce obecně vnímány a usměrňovány. Flegmatik (flegma-hlen, sliz) je klidný, občas může působit lhostejně, bez zájmu, ale jeho velkou výhodou, pro kterou je oceňován, je spolehlivost a stabilita. V týmu může naopak přílišné vášně a přemotivovanost zklidnit na únosnou úroveň a pomoci tak ostatním s případným stresem z výkonu. Melancholik (melané cholé-černá žluč)

charakterizovaný jako člověk mnoha smutných nálad a pomalejšího tempa, je však ve svých citech stabilní, lze se v tomto ohledu na něj spolehnout (Říčan, 2010; Smékal, 2002).

Další významnou, tentokrát psychofyzilogickou teorií byla **teorie I. P. Pavlova**, jenž zkombinoval vlastnosti vyšší nervové soustavy a právě fyziologické teorie antické (viz. výše). Pavlov své výsledky experimentálně ověřil a definoval tak člověka silného, vyrovnaného a pohyblivého (sangvinik), dále silného, vyrovnaného, ale pomalého (flegmatik), silného a nevyrovnaného (cholerik) a v posledním případě člověka slabého (melancholik) (Říčan, 2010).

Nelze opomenout i **H. Eysencka** (viz. obrázek 3), jež v jistém smyslu zkombinoval teorie I. P. Pavlova (labilita/ stabilita) spolu s Hippokratovou teorií i teorií **C.G. Junga** (extroverze/ introverze) (Říčan, 2010).

Obr. 3 Eysenckova teorie temperamentu (Balcar, 1991)



Ve sportu se poměrně často poukazuje především na konstituční teorie temperamentu. Tyto teorie na základě biopsychické či morfologické koncepce, předkládají jisté prolnutí schopností a charakterových vlastností. Konkrétně jde o hledání vzájemného vztahu mezi konstitucí a temperamentovými vlastnostmi. Jednu z teorií v Evropě zastával E. Kretschmer a v USA W. H. Sheldon. Dodnes jsou tyto myšlenky rozvíjeny (Říčan, 2010).

Kretschmerova konstituční typologie je založená na biologické podstatě, na přesvědčení, že tělesná konstituce ovlivňuje temperament. Základním předpokladem, který Kretschmer hlásal, je biochemická podstata temperamentu. Na základě antropomotorických proporcí těla odvodil tři základní typy člověka a nazval je: pyknik, atletik a astenik. Pyknik (cyklothymní typ), jehož postava je zaoblená s kratšími končetinami, temperamentově se vyznačuje jako sociálně adaptabilní, družný extravert a se sklony k maniodepresivitě. Atletik (ixothymní typ) je charakteristický osvalenou, vyšší postavou a temperamentově málo aktivní, sociálně neohrabaný, agresivně zdatný. Takový typ má výrazné sklony k epilepsii. Astenik (leptosomní typ) je znám pro svou vytáhlou, hubenou postavu a společnost nevyhledává, je na úrovni introverta se sklony ke schizofrenii (Mikšík, 2007).

Sheldonova konstituční typologie vycházela z Kretschmerových teorií, kdy Sheldon vymezil obdobně tři somatotypy a označil je jako: mezomorf, endomorf, ektomorf. Stejně jako u Kretschmera existují další přechodné typy, nicméně u obou jsou tyto tři nejpodstatnější a především nejkonkrétnější. Sheldonova typologie vycházela z metodiky měření dimenzí tváře dle fotografií, poté již následovala klasická antropometrická měření. U Sheldona se přímo nejedná o typologii, ale spíše tzv. „variační dimenze“ odpovídající vývoji zárodečných listů. Konkrétně pak endomorf odpovídá pyknikovi, ektomorf astenikovi a mezomorf atletikovi (Mikšík, 2007).

Nelze v této souvislosti opomenout ani motivaci jedince, jenž je charakterizována jako nepominutelný aspekt jednání člověka a dává našemu jednání smysl. Ve sportu je alfou omegou úspěchu (Výrost & Slaměník, 2008).

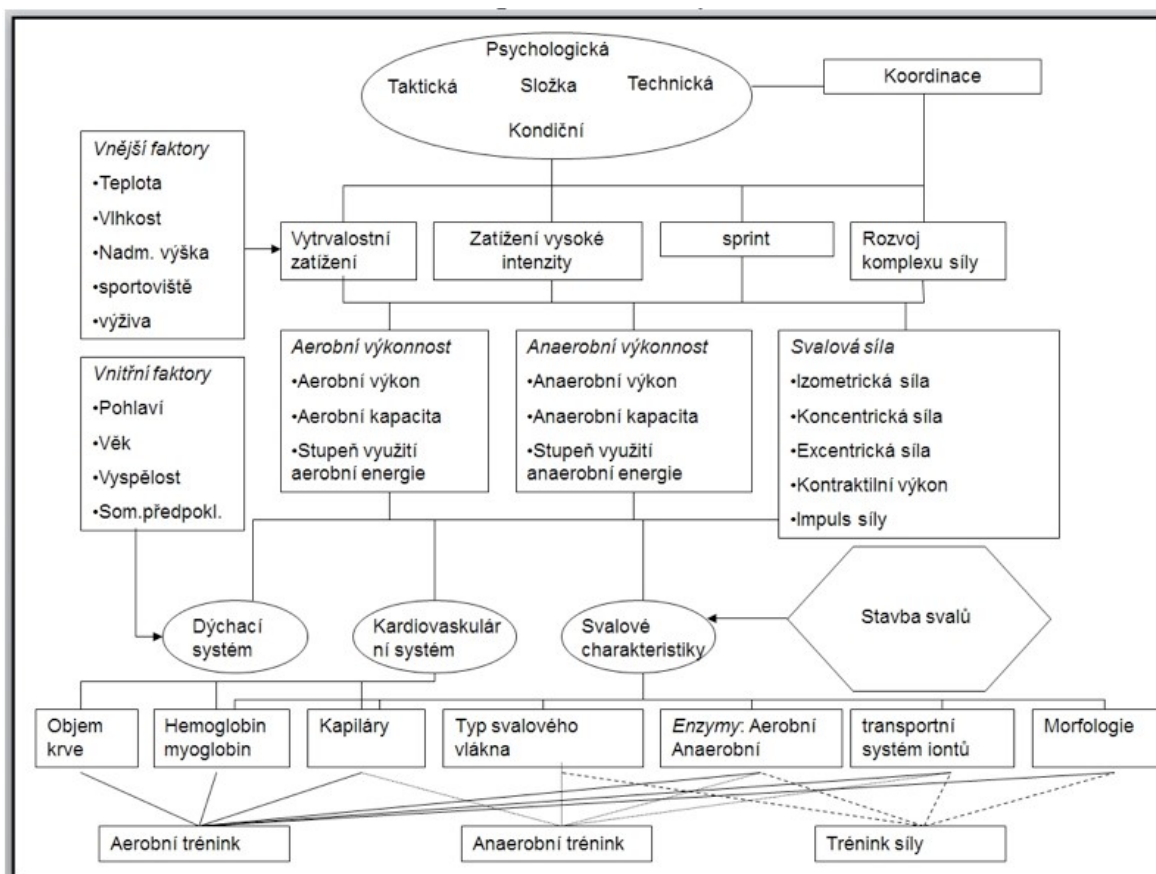
Faktory sportovního výkonu

Ve sportu a tréninkovém procesu lze najít relativně samostatné elementy označované jako faktory sportovního výkonu. Základním společným atributem je jejich ovlivnitelnost tréninkem, případně je nutné na ně brát zřetel při selekci talentů (somatické faktory). Faktory sportovního tréninku odpovídají složkám sportovního tréninku, nicméně každá sportovní disciplína může jejich hierarchii posuzovat dle svých primárních cílů. Obvyklé členění faktorů:

- Faktory somatické
- Faktory kondiční

- Faktory technické
- Faktory taktické
- Faktory psychické (Zahradník & Korvas, 2012).

Obr. 4 Faktory sportovního tréninku (Zahradník & Korvas, 2012)



Obrázek 4 zobrazuje komplexitu sportovního výkonu a veškeré prvky jež mají mandatorní vliv na výsledný sportovní výkon. Vzhledem k tomu se nabízí myšlenka, že chce-li jedinec dosáhnout konkrétních cílů např. dosažení výkonu a v dlouhodobém horizontu i udržitelné výkonnosti, či optimalizaci tělesné váhy či spíše vhodného poměru svalové hmoty k tukové tkáni, je nutné neopomenout všechny tyto složky. Je stále nutné mít na paměti, že individualita jedince si žádá individuální a specifický přístup, a přesto že nám historická zkušenost ukazuje jisté pozitivní účinky nastavených tréninkových metod či výživových plánů, nelze s tím takto bezpochyby počítat i do budoucna, natož spoléhat se s přenositelností metod na jiné jedince.

Ukazatele odezvy a adaptace na zátěž, únavy, regenerace sil, výživu

Odpověď organismu na tělesnou zátěž případně změnu stravovací zvyklosti (dietu), se zakládá na specifických změnách fyziologických funkcí během fyzického výkonu/ úpravy jídelníčku a bezprostředně po něm. Během těchto změn se zvyšuje aktivita nervově – hormonálních řídicích systémů, které podporují činnost orgánových systémů zodpovědných za stabilizaci vnitřního prostředí. I po těchto změnách (především po výkonu) některé tyto aktivity po různě dlouhou dobu přetrvávají, postupně ustupují, aby jedinec regeneroval. Jak dlouhá bude regenerace, záleží na vstupní trénovanosti jedince, míře vyčerpání a samozřejmě vhodné kombinaci forem regenerace. Ukazatele odezvy na zátěž či určitou změnu ve stravování by se daly jednoduše rozřadit na ukazatele subjektivní (zjišťujeme především pozorováním sportovce) a objektivní (měření přístroji). Objektivní ukazatele jsou přesnější a méně zatížené právě subjektivitou pozorovatele (Bernaciková a kol., 2017).

1.1.2 Vybrané objektivní ukazatele

SUBJEKTIVNÍ POCITY, TEST MLUVENÍ

Nejen pro sportovce je důležité znát odezvu organismu na zátěž. Jedním z takových, kdy není potřeba laboratorních podmínek a zároveň lze získat aktuální zpětnou vazbu, je vyjádření **subjektivního pocitu** a následné posouzení dle Borgovy škály. Tato škála či stupnice, je naše vyjádření pocitů, jak pro intenzitu zatížení, tak také pro bolest. Mezi nejznámější patří právě Borgova RPE (Rating of Perceived Exertion). Tato škála má vysokou korelaci s měnitelnými parametry např. srdeční frekvencí, ventilační prahy. Stupnice v podstatě vyjadřuje naše vnímání vnějšího a vnitřního prostředí. Ukazuje se, že je velmi vhodné zařazovat tuto metodu spolu s monitoringem srdeční frekvence aj. Nejčastěji užívaná je stupnice v rozmezí škál 6-20, kde čím menší číslo, tím nižší intenzita. Stupeň vynásobený 10, odpovídá aktuální tepové frekvenci. Lichá čísla jsou doprovázena slovním hodnocením (Čechovská & Dobrý, 2008).

Velmi důležitá je úvodní instruktáž s poukázáním na podstatu reálného vnímání intenzity. I tato škála má svá omezení, které mohou negativně výsledek ovlivnit. Noble a Robertson (1996) je rozdělují na fyziologické faktory (např. termoregulace, prokrvení svalů, potřeba kyslíku, ventilace aj.) a psychologicko-sociální (např. deprese, snížená či zvýšená motivace,

moce aj.). Borg (1998) oba autory doplňuje o tzv. „ostatní faktory“, kam zařazuje např. výživu, věk, pohlaví, medikaci aj.

Test mluvení je vhodný pro určení optimální intenzity zatížení při aerobní zátěži, nemáme-li možnost využití sporttesteru. Se vzrůstající intenzitou se zvyšuje ventilace a tím snižuje reálná schopnost souvislé verbální komunikace (Bernaciková a kol., 2017).

ANTROPOMETRICKÉ UKAZATELE

Tělesná hmotnost (kg) se během dne i týdne podstatně mění, a proto je nutné provádět kontrolní měření na stejné váze a přibližně ve stejný čas a za stejných podmínek. Zjišťujeme nejlépe ráno nalačno (Bubníková & Kysel, 2020). Tělesná hmotnost se zvyšuje s hypertrofií svalové hmoty, ale i nárůstem množství tuku či zadržováním tekutin. Snížení hmotnosti je vlivem zvýšeného vylučování odpadních látek, katabolickými procesy zapříčiněnými redukční dietou (hypotrofie tukové a svalové tkáně). Za optimální se považuje redukce 0,5-1 kg/ týden, což v odpovídá energetické restrikci jídelníčku na úrovni 2000 kJ/ denně (Bernaciková a kol., 2017).

Body mass index (BMI, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) se používá pro posouzení aktuální hmotnosti ve vztahu k tělesné výšce, nepostihuje však složení těla (muskulatura, množství tělesného tuku (Bubníková & Kysel, 2020). BMI se vypočítá jako poměr hmotnosti a druhé mocniny výšky jedince.

Voda (kg, l) tvoří největší podíl z hmotnosti člověka. Její podíl v rámci lidského života klesá. Pro dospělého člověka středního věku se udává podíl 45-50 % (Dylevský, 2000). Toto množství je odvislé právě od věku, ale i od pohlaví (muži mají obecně vyšší zastoupení vody v těle než ženy). Rozdíl je také dán množstvím svalové hmoty či spíše poměrem svalové hmoty k tukové složce. Velký vliv učiní také typ stravovacího režimu – obsahuje-li naše strava více sacharidů, i naše tělo obsahuje více vody na rozdíl od např. nízkosacharidových diet, kdy je tomu právě naopak. Další odlišností bude i typ pohybové aktivity, termoregulace apod. Obecně objem vody v těle vzrůstá při jejím zvýšeném příjmu, naopak snižuje se zvýšeným vylučováním (dýchání, pocení, vylučování močí). Rychlou kontrolou je změna hmotnosti jednice (Bernaciková a kol., 2017).

Moderní diagnostické přístroje typu InBody dokáží odlišit vodu intracelulární a vodu extracelulární principem bioelektrické impedance (Vilikus a kol., 2012).

Tuková složka (kg, %) je jednou ze dvou komponent těla, použijeme-li „dvoukomponentový model“ dle Riegerové (2006). Tou druhou je tukuprostá tkáň čili vše ostatní mimo tukovou tkáň. Tuk je nejvíce proměnlivou složkou lidského organismu během celého lidského života. Jeho množství lze ovlivnit vhodnou pohybovou aktivitou a stravovacími návyky. Množství tuku je potencionálním rizikovým faktorem vzniku mnoha (nejen) civilizačních onemocnění (Riegerová a kol., 2006).

Procentuální zastoupení u mužů a žen se liší v neprospěch žen. Zvětšení tukové složky je způsobeno nejčastěji energeticky bohatou stravou, nevhodnou či nedostatečnou pohybovou aktivitou a v neposlední řadě i farmakologicky (kortikoidy). Naopak redukce tukové složky je dáno katabolismem, opačným metabolickým procesem. Za příčinu lze považovat restriktce ve výživě, nadměrnou fyzickou aktivitu (délka, typ) či opět farmakologicky (Bernaciková a kol., 2017). Zmnožení či naopak redukce tukové tkáně může úzce souviset i s dalšími aspekty např. konkrétním typem onemocnění.

Aktivní tělesná hmota (ATH, kg, %) je zjednodušeně hmotnost těla bez tukové složky. Největší podíl ATH tvoří svalstvo (až 60 %), dále kosti, vaziva a vnitřní orgány. (Grasgruber & Cacek, 2008).

Svalová složka (kg, %) bývá pro sportovce, spolu s množstvím tuku, ten nejdůležitější parametr, neboť odráží adaptaci na zvolený tréninkový plán či výživu. Množství svalové hmoty ovlivňuje i zastoupení vody viz. výše. Na kvantitu svalové hmoty působí několik faktorů. Nejpodstatnější jsou: pohlaví, množství tuku v těle, věk, vrozené dispozice aj. (Kopecký, 2010).

Hypertrofie svalové tkáně je dána vhodnou skladbou jídelníčku mající za vliv nárůst objemu svalového glykogenu, což zpětně vede ke zvýšené resorpci vody, tréninkovým plánem zaměřeným právě na hypertrofii viz. kapitola o rozvoji silových schopností. V neposlední řadě jsou to specifické suplementy a nepovolené anabolické látky (steroidní hormony, růstový hormon, inzulin aj.). Hypotrofie je způsobena sníženou pohybovou aktivitou, nedostatečnou či nevhodnou regenerací, nesprávným jídelníčkem, extrémní pohybovou

aktivitou (např. závody trvající i desítky hodin), specifickými onemocněními, či v důsledku stárnutí a z toho plynoucí změnu životního stylu bez svalové činnosti (Bernaciková a kol., 2017).

Hustota kostní tkáně (% , g.cm^{-2} aj.) spolu s hustotou minerálů v kosti (BMD – bone mineral density) lze zjišťovat pomocí denzitometre, zde je standartní použití metody DEXA, kdy slabé rentgenové záření velmi dobře odliší kosti a měkké tkáně. Podkladem je především množství vápníku v kostech. U sportovců je velmi vhodné zjistit a předcházet konkrétním problémům (osteoporóza) spojeným s nižší hladinou kalcia v kostech, dále pak potencialitu přetížení vytrvalostním, běžeckým tréninkem, či přetrénování. Další eventualitou může být působení toxických látek. Nelze opomenout ani nedostatek vitamínu D v kombinaci s kalcie, ale i endokrinní souvislost s menopauzou a postupnou absencí protektivního účinku estrogenu. Naopak zvýšená hustota kostní tkáně je významným parametrem adaptace na mechanickou zátěž (Bernaciková a kol., 2017).

Tělesná výška (cm, m) je dána růstem dlouhých kostí a obratlových těl, oboje v místě růstových chrupavek. Celkový růst neprobíhá po celý život a neprobíhá rovnoměrně. Obvykle by se růstová akcelerace dala obecnit a tří hlavní etapy. V prvním roce, okolo 7. roku a v období puberty. Přibližně od 60 let věku se již projevuje mírný pokles tělesné výšky. Důvodem je mírné ohnutí páteře a snížení výšky meziobratlových plotének. Růstové faktory mají svůj původ především v genetických předpokladech, hormonální vybavenosti (především hladina růstového hormonu) a dále na stavu nutriční (Dylevský, 2000).

DYNAMOMETRICKÉ UKAZATELE

Maximální svalová síla (F_{max} , N) je největší silou, kterou svalová skupina vyvine v rámci jednoho opakování pro překonání nejvyššího možného odporu, při dynamické či statické činnosti. Maximální síla se snižuje, předchází-li danému výkonu jiná fyzická zátěž. Míra poklesu maximální síly je odvislá od charakteru a objemu předchozí fyzické činnosti. Velký vliv na maximální sílu mají také psychické faktory, především motivace a vůle (Bernaciková a kol., 2017).

Dynamický výkon (1-opakovací maximum/ OM, kg) je nejvyšší možný odpor, který nejsme schopni zvednout více než jednou. V důsledku kumulující se únavy se dynamický výkon výrazně snižuje (Bernaciková a kol., 2017).

Wingate test je nejrozšířenějším a nejpoužívanějším anaerobním testem, který má vysokou spolehlivost a velmi dobrou interpretaci výsledků. Jde o třicetisekundový test maximálního úsilí na bicyklovém ergometru. Existuje poměrně velké množství variant Wingate testu, vždy je ale důležité uzpůsobit vstupy a výstupy pro řízení testu. Hodnotí se maximální výkon, průměrný výkon a celková práce (Heller, 2018).

Index W170 (W170, W) měří výkon jednotlivce, velmi často na bicyklovém ergometru, který je schopen vykonat při srdeční frekvenci 170 tepů/ min. Index W 170 se dá velmi dobře modifikovat pro různé skupiny osob, pak je index např. W 150 či W 130 (číslo vždy znamená počet tepů za minutu) (Bernaciková a kol., 2017).

KARDIOVASKULÁRNÍ UKAZATELE

Minutová srdeční frekvence (SF, TF – tepová frekvence, t/min) se stanoví počtem tepů v konkrétním časovém intervalu (Semiginovský a kol., 1994). Je to velmi spolehlivá metoda pro určení intenzity zatížení. Křivka nárůstu srdeční frekvence je u trénovaných jedinců mnohem plošší než u netrénované populace. Během adaptace na tréninkovou zátěž se přizpůsobuje i velikost srdce (objem komor) a síla myokardu. Koncentrická hypertrofie u silových sportovců (výkonnost to neovlivňuje) a excentrická hypertrofie u vytrvalců (lepší ekonomika práce) (Bartůňková, 2014). **Klidová srdeční frekvence** díky tomu u trénovaných jedinců klesá až např. na 35 tepů/min., v porovnání s netrénovanou populací s tepovou frekvencí okolo 70 tepů/min. Srdeční frekvenci ovlivňují mimo sportovní výkonnosti i věk, pohlaví či zdravotní stav (Zahradník & Korvas, 2012). Ideální měření probíhá vleže ihned po probuzení.

V rámci jedné sekundy srdeční frekvence (u běžné populace) proběhnou 4 fáze činnosti srdečních komor (Silbernagl & Despopoulos, 2004). Srdeční frekvence by měla být ideálně měřena snímáním elektrických impulsů srdce (EKG, sporttester je méně vhodný – ne vždy reaguje adekvátně na aktuální zatížení) (Bernaciková a kol., 2017).

Zátěžová srdeční frekvence individuálně posuzuje zatížení srdce, potažmo krevního oběhu (Bernaciková a kol., 2017). Jednoduché funkční zkoušky posuzují na jedné straně zdatnost organismu jako celku, na straně druhé posuzují konkrétní systém. V rámci kardiovaskulárního systému se činí různé typy zatížení, kde se porovnávají reakce srdeční frekvence, případně i krevního tlaku v odlišných fázích změn. Známý je např. Step test, Ruffierova zkouška, Diving test, Flackova zkouška, Chladová zkouška aj. (Bartůňková, 2014).

Krevní tlak (TK, BP – blood pressure, 1mmHg = 1 torr = 133, 3 Pa) vyjadřuje tlak krve v tepnách v krevním řečišti. Krevní tlak je projevem vypuzovací síly svaloviny komor srdce. Hodnota krevního tlaku kolísá, zapisujeme vždy tu nejvyšší – systolický (maximální) krevní tlak a diastolický (nejnižší) krevní tlak (Semiginovský a kol., 1994). Normální hodnoty TK systolický = 100-140 mm Hg, TK diastolický = 60-90 mm. Se vzrůstajícím věkem se i tolerance zvyšuje. Hypotenze, nízký krevní tlak může způsobovat šok, naopak Hypertenze, vysoký krevní tlak poškozuje cévy (především v srdci, mozku aj.) (Silbernagl & Despopoulos, 2004). Hodnoty krevního tlaku u sportovců reagují i na období před výkonem (mírně se zvyšuje), během výkonu (výrazně se zvyšuje) jde velmi často o typ zatížení a je velký rozdíl, zda jde o dynamické či statické zatěžování. Při delší zátěži, především aerobního charakteru, je potřeba brát v potaz dehydrataci, kdy může docházet k selhávání vědomí a kognitivních funkcí. Po zátěži se TK vrací relativně rychle do výchozího stavu (Bernaciková a kol., 2017).

Elektrokardiografie je postup vyšetření srdeční činnosti, kdy snímáme elektrické signály z myokardu. Na EKG se hodnotí srdeční frekvence, sinusový rytmus, pravidelnost srdeční akce, polohu srdce aj. Výsledný grafický záznam označujeme jako elektrokardiogram. Je to v podstatě záznam časové změny elektrického potenciálu vyvolaný srdeční aktivitou (Bartůňková, 2014). Elektrokardiogram nezobrazuje kontrakci ani výkon srdce. EKG diagnostikuje mnohé poruchy srdečního rytmu, které mají rozličnou etiologii a pro jedince s konkrétní pohybovou aktivitou je nutné takové situace neprodleně řešit. Mezi nejznámější poruchy patří srdeční dysrytmie či ischemie myokardu. Srdeční dysrytmie mohou být příznakem myokarditid či kardiomyopatií aj. V rámci zátěže by rytmus měl být vždy pravidelný. Ischemie myokardu či nedokrevnost/ místní anémie má nejčastěji svůj původ

v kompresi tepny, obstrukci tepny (ateroskleróza, trombus, embolie) či spazmu. Typickým projevem je svíravá bolest na hrudníku – angina pectoris. Pokud jde opravdu o ischemii, mluvíme o typické angině pectoris, pokud bolest nesouvisí se zátěží, pak je označována jako atypická angina pectoris. Nejzávažnější formou ischemie myokardu je infarkt myokardu. V této fázi je již srdeční tkáň nenávratně zničena (Bernaciková a kol., 2017).

SPIROERGOMETRICKÉ UKAZATELE

Spiroergometrie je zátěžové vyšetření na bicyklovém ergometru či běhátku. Před samotným testem lékař vyšetří pacienta a vybere adekvátní typ zátěžového protokolu. Během testů lékař sleduje a měří tepovou frekvenci, krevní tlak, EKG, ventilační a respirační parametry aj. V závěru se celé vyšetření vyhodnocuje, stanoví se hodnota anaerobního prahu a v neposlední řadě se porovnávají naměřené hodnoty s hodnotami referenčními (Bernaciková, 2012).

Minutová ventilace (V , VE , l/min) vyjadřuje objem vzduchu, který projde našimi plícemi během jedné minuty. Vypočítáme jej jako součin dechového objemu plic a dechové frekvence. Dospělí dosahují klidových hodnot kolem 5–6 l/min. U sportovce jsou jeho maximální hodnoty ovlivněny především mírou jeho úsilí. V rámci předstartovního stavu se zvyšuje asi na dvojnásobek klidové ventilace a v průběhu zátěže je tento objem zvýšen výrazně. V případě, že je nutné kompenzovat zátěžovou acidózu (typicky při zvyšování intenzity zátěže), pak se ventilace zvyšuje o to prudčeji, aby zajistila zvýšený odvod oxidu uhličitého. Maximální hodnoty dosahují kolem 200 l/min, u trénovaných vytrvalců mohou být tyto hodnoty ještě vyšší. Zrychlené dýchání může být i výrazem hypoxie ve vyšších nadmořských výškách (Bernaciková a kol., 2017). Minutová ventilace je přímo úměrná intenzitě zatížení, avšak jen do bodu anaerobního prahu (Bartůňková, 2014). **Ventilační práh** je poté charakterizován jako úroveň zátěže, od které nastává exponenciální navýšení minutové ventilace z důvodu eliminace CO_2 viz. výše (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Minutový příjem kyslíku (VO_2 , l/min) je hlavním ukazatelem aerobní kapacity, neboť je indikátorem celého transportního systému pro kyslík v celém organismu, od dýchacích cest, přes oběh krve až po periferní tkáň (Struhár, 2019).

Maximální VO_{2max} (VO_{2max}) je v rámci spiroergometrie, nejlepším ukazatelem míry aerobní schopnosti získávat energii. Pokud je tento parametr neočekávaně snížen, velmi často se jedná o únavu či přetrénování jedince. Obdobně jako u minutové ventilace, je dosahování vysokých hodnot až maximálních hodnot, na motivaci a snaze sportovce (Bernaciková a kol., 2017).

Tepový kyslík vyjadřuje největší objem přijatého kyslíku v rámci 1 tepu srdce. Teoreticky tedy vyjadřuje množství kyslíku ve vypuzené krvi v rámci jedné systoly (Struhár, 2019).

Násobek klidového výdeje energie (MET – multiple of resting metabolic rate), známější právě v rámci zkratky MET, poukazuje na znázornění energie, která je potřebná k provedení konkrétního pohybového úkolu. 1 MET = energie vydaná během sezení v klidu. 1 MET odpovídá také příjem 3,5 ml/min/kg (Bernaciková a kol., 2017).

Poměr respirační výměny (R, RER – respiratory exchange ratio) objemů CO_2 a O_2 , neboli poměr vydechnutého CO_2 a přijatého O_2 rámci plic (Bernaciková a kol., 2017).

Minutový výdej oxidu uhličitého je součástí kompenzace metabolické acidózy, jež může mít svůj původ v intenzivní fyzické zátěži, případně má na ní vliv přísné restriktce ve výživě, konkrétně hladovění. I nadále platí, že pokud jedince nehladoví a je odpočatý v rámci regenerace, pak je minutový výdej CO_2 nižší, než příjem O_2 (Bernaciková a kol., 2017).

Respirační anaerobní práh vystihuje situaci, při níž se mění respirační funkce v závislosti na intenzitě zátěže. V rámci respiračních prahů, rozlišujeme především 1. ventilační práh (VT1 – ventilatory threshold), jež je označován jako anaerobní práh a 2. ventilační práh (VT2). VT1 je pro sportovce velmi důležitá veličina, neboť mu poskytuje vodítko k tomu, aby věděl, jaká je nejvyšší možná intenzita cvičení, aniž by došlo k výraznému navýšení hladiny laktátu v krvi. VT2 bývá označován jako Bod respirační kompenzace (RCP – respiratory compensation point) (Struhár, 2019).

BIOCHEMICKÉ UKAZATELE KRVĚ

V rámci biochemických ukazatelů a jejich plnému využití výsledků laboratorních vyšetření jsou velmi důležité dvě oblasti. Jednak efektivní indikace biochemických vyšetření a následně jejich správná interpretace (Šebesta in Schneiderka, 1998).

Glukóza (Glu, 3,3–6,5 mmol/l) je základním energetickým substrátem pro buňky během (nejen) pohybové aktivity. Ve formě glykogenu je uchována v játrech a svalech. Koncentrace glukózy v klidu kolísá a je z výrazně ovlivněna stravou, hydratací či lačením. V rámci fyzické aktivity se její množství v krvi snižuje a její koncentrace je poté odvislá od doby jejího využití – při dlouhodobé a intenzivní pohybové aktivitě se rozvíjí hypoglykémie. V ten okamžik je zásadní, zda je po čas výkonu či po něm vhodnými doplňky či výživou resyntetizována (Bernaciková a kol., 2017). Jako glykémie je označována koncentrace glukózy v plazmě, jejíž hodnota je určena dvěma ději – tvorbou a spotřebou (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Laktát (La, 0,63–2,44 mmol/l) vyjadřuje koncentraci soli kyseliny mléčné v plazmě. Stanovení hodnoty koncentrace laktátu je pro sportovce velmi důležitá informace, neboť dané hodnoty dokládají, že zvyšující se koncentrace laktátu je přímo úměrná zvýšené zátěži anaerobního charakteru. Snížení maximální koncentrace (18-24 mmol/l) může dokládat přetrénování a obecně únavu. S tím souvisí laktátová křivka (Bernaciková a kol., 2017). Překročí-li sportovec 65 % maximální výkonnosti, rapidně se navyšuje koncentrace laktátu plazmě. Anaerobní práh lze stanovit mimo jiné hodnotou laktátu na 4 mmol/l, kdy již nelze očekávat markantní zlepšení výkonu. Důvodem je systémový pokles pH (laktacidóza), která utlumuje chemické reakce nutné pro svalovou práci, čímž omezí novotvorbu ATP a tím potencuje únavu (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Bílkoviny (koncentrace bílkovin v séru 65–85 g/l) a metabolity bílkovin odráží reakci organismu na zvýšený či snížený příjem bílkovin ve stravě či při rozpadu tkání.

Kreatin (C, 0,6–1,3 mg/dl) je velmi důležitá bílkovina, jež má za úkol přenos energie, nacházíme jej ve vazbách CP – kreatin fosfát. Zvýšené koncentrace mohou být způsobené v první řadě nadměrnou suplementací kreatinu, na straně druhé může být etiologie patologická např. renální insuficience či myositida (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Kreatinin (muži 55–110 μ mol/l, ženy 44–104 μ mol/l) nepřímo poukazuje na schopnost ledvin resorbovat vodu a koncentrovat moč. Dále kreatinin vzniká z kreatinu a vzhledem k tomu, že jde o finální produkt svalového metabolismu, pak zde hlavní úlohu představuje objem svalové hmoty. Stanovení koncentrace prokazujeme v moči i v séru. Zvýšené koncentrace mohou znamenat jednak opětovně renální insuficienci, akromegalii,

či odbourávání kosterního svalstva při traumatech, ale i extrémně po náročných vytrvalostních výkonech v horku (Pick in Schneiderka, 1998).

Srdeční troponin je kontraktilní bílkovinou v myokardu a pokud se prokáže zvýšené množství troponinů v krvi, může to být u vytrvalostního charakteru deších vzdáleností – maraton aj. Musí se tak jednat o velmi intenzivní vytrvalostní zátěž.

Amoniak (čpavek, NH_3) je produktem metabolismu dusíkatých látek, hlavně pak proteinů – aminokyselin. V játrech je transformován na ureu a s ní má obdobné i důvody vyšší koncentrace (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Močovina ($\text{N}_2\text{H}_4\text{CO}$, Urea, 1,7–8,3 mmol/l) vzniká jako produkt metabolismu proteinů. Na koncentraci močoviny v krvi má především vliv stravování (vysoký obsah bílkovin ve stravě = vyšší koncentrace urey v krvi), dále katabolismu proteinů během rozličných stavů (od sepe přes hladovění či podání kortikoidů) a v neposlední řadě i transformace ve vylučování urey ledvinami (Pick in Schneiderka, 1998). Urea v moči, jež má velmi široký referenční rozsah, je evidencí příjmu bílkovin stravou a rozsahem pohybové aktivity. Stanovení urey v moči poskytuje vyhodnocení ztrát celkového dusíku močí a tím informaci o dusíkové bilanci. (Kazda in Schneiderka, 1998).

Ketolátky (acetacetát, aceton, beta-hydroxybutyrát) vznikají jako produkt metabolismu tuků. Jsou zdrojem energie. Jejich koncentrace se zvyšuje z několika důvodů např. exogenní omezení sacharidů ve stravě (do 5 % CEP), endogenní nedostatek glukózy, potažmo glykogenu. Průkaznost ketolátek lze v séru i v moči (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Enzymy

Kreatikináza (CK, Kreatin-fosfo-kináza – CPK) je enzym, který je zásadní v procesu energetického metabolismu. Katalyzuje transformaci kreatinu na kreatinfosfát za podpory ATP. Jeho vysoká hladina poskytuje informace o poškození svalů. Avšak nejen poškození svalů je příčinou elevaci koncentrace CK, ale může to být i fyzicky náročná pohybová aktivita (silové i vytrvalostního charakteru), těhotenství, ale i nadměrná konzumace alkoholu či drog, diabetes mellitus aj. Pokud se hladina CK výrazně zvýší, je možné usuzovat i na rabdomyolýzu (rozpad svalových vláken kosterních svalů). Srdeční CK a její zvýšená koncentrace bývá znakem rozkladu srdečních myocytů (Bernaciková a kol., 2017).

Laktát-dehydrogenáza (LDH) je velmi obdobným markerem jako kreatinkináza. Je enzymem metabolismu svalových buněk (Bernaciková a kol., 2017).

Alanin-amino-transferáza (ALT) je enzymem metabolismu aminokyselin, obzvláště v játrech. Funguje jako marker odbourávání bílkovin, srdeční či kosterní svaloviny. Přílišné zvýšení je opětovně důsledkem rabdomyolýzy. I náročná fyzická zátěž může přechodně zvýšit hladinu ALT v játrech (Bernaciková a kol., 2017).

Aspartát-amino-transferáza (AST) má velmi podobnou charakteristiku jako enzym ALT.

Bilirubin celkový (Bili) je žlučovým barvivem. Obvykle se zvýšené hodnoty projevují žlutým bělmem, kůží a sliznic. Příčinou jsou přetížená játra, mnohdy po vytrvalostním výkonu (jiným případem může být také zánět či hyperbilirubinémie (Bernaciková a kol., 2017).

Minerální látky

Homeostáza, či stálost vnitřního prostředí, je jedním ze základních předpokladů živých organismů. Voda je alfou i omegou biochemických reakcí, funguje jako rozpouštědlo, udržuje konstantní teplotu, je výborným transportním médiem atd. V rámci řízení vodou a solemi, jsou (nejen) pro sportovce mandatorní údaje právě o hospodaření s minerály. Minerální látky je nutné přijímat potravou (Silbernagl & Despopoulos, 2004). Důležitým pojmem je i osmolalita krevní plazmy, neboli četnost osmoticky aktivních látek v 1 litru krve či plazmy. Hypoosmolalita vzniká následkem nadbytku vody a nedostatku iontů viz. níže. Obráceně hyperosmolalita je důsledkem ztrát vody a tím zvýšené koncentraci osmoticky aktivních iontů (Bernaciková a kol., 2017).

Sodík (Na, 136–145 mmol/l) je hlavním prvek při jehož snížené množství může nastat tzv. hyponátemie. Ta se obvykle objevuje u sportovců vytrvalostního charakteru delších tratí, jako důsledek ztrát sodných iontů pocením, případně či současně pak pitným režim s nedostatkem sodíku. Následkem může být zmatečnost, nepřiměřené chování, omezení diurézy. Při pokračujícím nedostatku sodíku, mohou tyto stavy směřovat až k edému mozku a plic, celkovém kolapsu a končit i smrtí. Opakem může být hypernátemie způsobená často nadbytkem soli v doplňcích stravy (iontové nápoje), případně silnou dehydratací (Bernaciková a kol., 2017).

Draslík (K, 3,8–5 mmol/l) a nad a podprahový příjem má obvykle reakci v přímém ovlivnění srdečních dysrytmií a kontraktility kosterních myocytů. Hypokalémie bývá způsobena nedostatečným příjmem ve stravě, případně při onemocnění ledvin a tím zvýšených ztrátách. Hyperkalémie je výrazem metabolické acidózy při i po intenzivní zátěži, dále pak také sníženým vylučováním insuficientně fungujících ledvin (Bernaciková a kol., 2017).

Hořčík (Mg, 0,7–0,9 mmol/l) a jeho omezení znají mnohdy sportovci, když pocítují křeče svalů, v horším případě objevují-li se srdeční arytmie. Tento stav je označován jako hypomagnezémie. Hypermagnezémie může vyústit ve svalovou slabost či bradykardii (Bernaciková a kol., 2017).

Vápník (Ca, 2,25–2,75 mmol/l) negativně ovlivňuje ve sníženém příjmu (hypokalcémie) svalový výkon, díky svalovým křečím. Eventuálně opačný stav, označovaný jako hyperkalcémie, vyúští v únavu a slabost. Příčinou těchto omezení jsou rozličná onemocnění mající vliv právě na koncentraci kalcia v plazmě (Bernaciková a kol., 2017).

Železo (Fe, muži: 12–29 µmol/l, ženy: 10–24 µmol/l) jakožto důležitý prvek hemoglobinu, je podstatné přijímat stravou. Nicméně na jeho koncentraci mají vliv i další aspekty – absorpce ve střevě, zánět, ztráty způsobené krvácením či jiná onemocnění. I dlouhodobější vytrvalostní výkon zapříčiní snížené koncentraci (Bernaciková a kol., 2017).

HEMATOLOGICKÉ UKAZATELE

Hematokrit (Htc, muži: 0,40–0,54, ženy: 0,35–0,45) vyjadřuje poměr červených krvinek a celkovému objemu krve. Zvýší-li se poměr červených krvinek ku objemu krve, bývá to mimo jiné známkou adaptace sportovce na hypoxické prostředí, na vytrvalostní trénink či dehydratace, neboť se snižuje objem plazmy. Naopak snížení koncentrace hematokritu bývá dáváno do souvislosti s nadměrnou hydratací, případně s kompenzací ztráty červených krvinek spojené s krvácením, či anémií (Bernaciková a kol., 2017).

Hemoglobin (Hb, muži: 135–175 g/l, ženy: 120–165 g/l) je dle Bernacikové a kol. (2017) červený metaloprotein, který se podílí na transportu kyslíku z plic do tkání a naopak odvádí oxid uhličitý z tkání do plic. Zvýšené množství bývá stejnou reakcí jako v případě

hematokritu, snížené naopak poukazuje na možnost perzistující únavy či onemocnění (anémie aj.).

Erytrocyty (Ery, RBC – red blood cells, muži: $4\text{--}5,3 \cdot 10^{12}/\text{l}$, ženy: $3,8\text{--}5,2 \cdot 10^{12}/\text{l}$) jsou červené krevní buňky obsahující hemoglobin viz. výše. Snížený počet, neboli anémie může mít poměrně velké množství vysvětlení. U sportovců je to dáno obvykle vyšší mírou oxidačního stresu, chronickou únavou a velmi často je příčinou i deficitní či nevyvážený jídelníček. Velmi nebezpečné bývá okultní krvácení. Naproti tomu zvýšené množství erytrocytů bývá reakcí na hypoxické prostředí (adaptační změny nastávají minimálně po 4-8 týdnech pobytu) (Bernaciková a kol., 2017).

IMUNOLOGICKÉ UKAZATELE

Imunologické vyšetření obsahuje krevní obraz a vyšetření tzv. zánětlivých parametrů. C – reaktivní protein (CRP) je zvýšen při akutní infekci, nevýhodou je jeho nízká specifita, neboť poukazuje pouze na přítomnost zánět. Imunologické ukazatele poukazují i na reakci bílých krvinek ve vztahu k pohybové aktivitě a dlouhodobému zatěžování. Zvýšené kvantum monocytů v rozmezí do 4. dne po zátěži, je reakcí na mikrotraumata způsobená intenzivní zátěží. Naproti tomu snížený počet je ovlivněn opakovaným, intenzivním tréninkem dlouhodobého charakteru. Opětovný vysoce intenzivní trénink má imunosupresivní efekt (Bernaciková a kol., 2017).

ENDOKRINOLOGICKÉ UKAZATELE

Hormony v lidském organismu mají za cíl normalizovat, eventuálně optimalizovat změny, způsobené fyzickou aktivitou, náročným tréninkem, či prostředím, ve kterém se sportovec nachází, aby se jeho tělo adaptovalo a zároveň pozitivně využilo daných podmínek k dalšímu růstu výkonnosti. Fyzická aktivita narušuje homeostázu organismu. Snaha o návrat k rovnovážnému stavu je nervového či právě hormonálního charakteru. Hormonální reakce je dlouhodobějšího charakteru, než reakce na úrovni nervového systému (Silbernagl & Despopoulos, 2004). Každý z hormonů má tedy svou specifickou funkci. Účinek je cílený

a regulační a v konkrétní tkáni, zvýšené či snížené hodnoty odpovídají konkrétní funkci např.:

- Metabolismus
- Krev a krevní oběh
- Reprodukce
- Zrání
- Sekrece trávicích šťáv
- Napětí cév a dýchací aparát
- Hospodaření s vodou a minerály (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

UKAZATELE V MOČI

Hustota moči je popisována ve vztahu k hustotě vody. Vyšší hustota je definována dehydratací, nižší je naopak vázána na nižší zpětnou resorpci vody. Proteinurie se objevuje u sportovců, je-li organismus přetížen, či již dochází k rabdomyolýze.

Kreatinin (C, klidové hodnoty 0–1,3 mg/dcl, muži: 12,2–15,0 mmol/dcl /24 h., ženy: 9,9–12,1 mmol/24 h.) ve velkém množství v moči, bývá důsledkem extrémního vytrvalostního zatížení či může být na vině opětovně rabdomyolýza.

Minerální látky a jejich snížené množství v moči bývá reakcí hormonální optimalizace akutního stavu sportovce, případně zvýšenými ztrátami na podkladě extrémní zátěže (Bernaciková a kol., 2017).

UKAZATELE VE VÝDECHOVÉM KONDENZÁTU

Velmi zajímavou a neinvazivní metodou získávání biochemických ukazatelů je bezpochyby výdechový kondenzát (EBC – exhaled breath condensate). Mnoho látek se přenese z plicního oběhu a lze tak sledovat míru zatížení. Sledovat lze laktát, amoniak, pH, ale i míru oxidačního stresu. Nevýhodou je prozatím finanční náročnost takových testů (Bernaciková a kol., 2017).

SVALOVÁ OXYMETRIE

Saturace svalu kyslíkem je ukazatel aktuálního stavu „nasycenosti“ svalové tkáně kyslíkem (vyjádřený v % oxygenovaného myoglobinu a hemoglobinu ve svalové tkáni, poměru neoxidovaného myoglobinu a hemoglobinu) a díky tomu lze poměrně dobře reagovat na intenzitu tréninkového zatížení. Možnosti odečtu, využívané především v laboratorních podmínkách, jsou sensor upevněný na ušním lalůčku či prstu (Bernaciková a kol., 2017). Výrobci moderních sporttesterů již dnes nabízejí několik svých vybraných modelů s oxymetrem, který doplňuje již všeobecně známý odečet tepové frekvence. Díky tomu může sportovec lépe optimalizovat svůj tréninkový plán. Stejně jako není ideální odečet tepové frekvence ze zápěstí, ale preferuje se hrudní monitor, tak i sensor oxymetru je ideální mít připevněný na kůži, přiléhající k dominantnímu svalu pro daný výkon např. kvadriceps u běžců atp.

TERMODYNAMICKÉ UKAZATELE

Lidský organismus udržuje konstantní vnitřní **tělesnou teplotu** (t , °C – stupeň Celsia) v rozmezí 35,8–37 °C. Termoregulace zásadní schopnost lidského těla, neboť i probíhající metabolické reakce akcelerují či zvolňují dle aktuální teploty (Rokyta, 2000).

Zvýšení teploty (hypertermie – nad 41 °C) je důsledkem aktivity svalů, srdce či jater a podkladě energeticko-metabolických dějů nutných pro pokrytí fyzického výkonu. Svaly generují teplo v rámci své aktivace, kontrakce či regenerace. Dále teplota organismu stoupá v závislosti na teplotě vnějšího prostředí, nadměrného ošacení, nedostatečné hydratace, eventuálně špatné aklimatizace. Hypotermie (pod 35 °C) je odvislá především od vnějšího prostředí (studená voda, vzduch, vítr aj.). Sportovec je oběma stavy ohrožen nejen na výkonu, ale především na zdraví (Bernaciková a kol., 2017).

Veškeré udávané ukazatele jsou nepochybně zásadním přínosem pro trenéry, ale i pro samotného sportovce. Objektívni ukazatele mají konkrétní hodnotu a lze je porovnat s optimálním rozpětím pro daného člověka. Naproti tomu subjektivní ukazatele,

zjišťované nejčastěji aspekci či prostřednictvím rozhovoru, nemusí mnohdy odrážet přesný aktuální stav, navíc mnoho změn probíhá v dlouhodobém horizontu týdnů až měsíců a odezva, či korekce pak není dostatečně intenzivní a efektivní.

Vyvarovat se stavu desadaptace lze ideálně kombinací sledování subjektivních i objektivních projevů. Empaticky vnímat motivaci sportovce k tréninkovému procesu, regeneraci i stravování, koncentraci na výkon, vnímat podrážděnost jedince či fyziologické známky jako bolesti břicha, zvýšené pocení, bolesti hlavy, případně vracející se infekční onemocnění. Pro potvrzení subjektivních známek je vhodné konfrontovat případné nesrovnalosti s optimálním či žádoucím stavem, pomocí objektivních ukazatelů např. Spiroergometrické ukazatele se zhoršují, srdeční frekvence je nestabilní, klidová srdeční frekvence je vyšší ve srovnání s výchozím stavem, kolísavý krevní tlak, vyšší koncentrace CK (kreatinkináza) a LDH (laktátdehydrogenáza) v krvi po zátěži, vyšší koncentrace stresových hormonů v krvi (kortisol, adrenalin) a mnoho dalších ukazatelů, které mohou obraz sportovce více upřesnit a pomoci s další, již konkrétní kompenzací negativního stavu (Bernaciková a kol., 2017).

1.2 Charakteristika sportovce – somatické parametry

Somatotyp neboli identifikace člověka, má svůj význam nejen ve sportu, ale i v běžném životě. Již v psychologii jsou tyto tendence velmi dobře známy, neboť měly svůj význam i při určování temperamentu. Pokud však chceme v rámci prvotní selekce určit vhodnost či nevhodnost dané sportovní disciplíny či dietního režimu pro konkrétního jedince, je velmi vhodné zabývat se právě určením somatotypu. Somatotyp je kvantifikace tří základních prvků, které vymezují morfologickou skladbu jedince. Prvky jsou vyjadřovány jako řada tří čísel, kdy první vyjadřuje endomorfii, druhé mezomorfii a třetí ektomorfii. V současnosti jsou rozšířené nejvíce metody dle Sheldona, který zastoupení jednotlivých komponent označil stupni 1-7 a dále dle Heathové a Cartera, které používají devítistupňovou škálu. Je nezbytné dodat, že správnými tréninkovými metodami a správně zvolenou stravou lze somatotyp výrazně změnit. Na druhou stranu stále je jedinec vázán na svůj somatotyp výchozí (Vilík a kol., 2012).

K určení somatotypu podle Heathové a Cartera bylo stanoveno deset antropometrických proměnných:

1. tělesná výška (cm)
2. tělesná hmotnost (kg)
3. tricipitální kožní řasa (mm)
4. supraspinální (označována také jako suprailiackální kožní řasa (mm)
5. subscapulární kožní řasa (mm)
6. střední lýtková kožní řasa (mm)
7. maximální obvod lýtky (cm)
8. obvod paže ve flexi (cm)
9. biepilekondylární rozměr kosti pažní (cm)
10. biepilekondylární rozměr kosti stehenní (cm) (Carter, 2002).

Chytráčková (1990) dále představuje vztah somatotypu a motorické výkonnosti. Zjištěné somatotypy predisponují děti dle převládající komponenty a pomáhají usměrnit nejvhodnější činnosti konkrétního charakteru, potažmo rozvoje kondičních schopností.

Somatické faktory jsou do značné míry geneticky podmíněné (udává se až ze 70 %). Ve sportu hrají velmi významnou roli. Mezi somatické faktory patří především podpůrný systém neboli kostra, svalstvo, vazy a šlachy a tyto faktory mají velmi významný podíl na biomechanice sportovní činnosti a na motorické a funkční dispozici jedince. Ukazuje se, že bez vhodného somatotypu, se daný jedinec velmi těžko zařadí mezi výkonnostně nejlepší (Dovalil a kol., 2012).

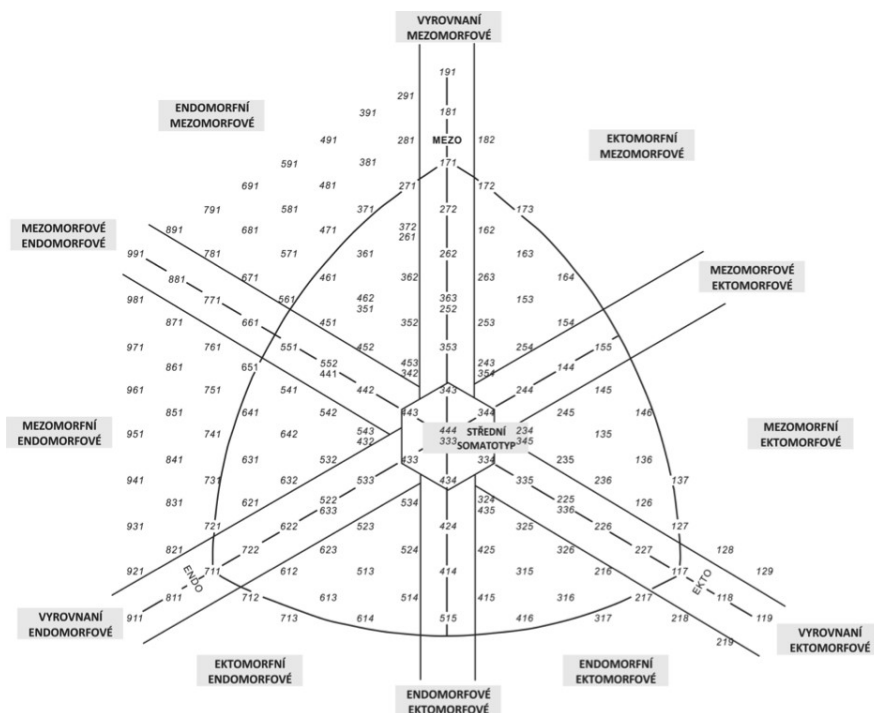
Mezi hlavní somatické faktory patří:

- výška a hmotnost těla,
- délkové rozměry a poměry,
- složení těla,
- tělesný typ.

Výška a hmotnost těla, stejně jako délkové rozměry a poměry tělesných částí např. paží či dolních končetin, patří mezi nejčastější ukazatele somatotypu člověka. Je to poměrně

běžný orientační nástroj pro určení budoucího sportovního vývoje mladého jedince. Je vhodné tyto vstupní informace porovnat s profilem rodičů (Dovalil a kol., 2012).

Obr. 5 Somatograf – kategorie somatotypů (Carter & Heath, 1990)



1.2.1 Složení těla

Složení lidského těla se v rámci života jedince dynamicky mění. Vliv mají endo (genetika) a exogenní činitele (strava, pohybová aktivita, stres, aj.). Analýzou zjišťujeme nejen vliv pohybové a nutriční intervence, ale i možné změny na podkladě farmakologie.

Zjistit složení těla lze dnes prostřednictvím různých diagnostických metod a v něm odlišit tukuprostou tkáň (FFM – fat free mass), tuk (F, fat), případně další ukazatele, které jsou potřeba.

Komponenty lidského těla lze určit dvěma způsoby:

1. procentuální podíl jednotlivých tkání ve vztahu k hmotnosti těla (%),
2. hmotnostní podíl jednotlivých segmentů v rámci celého těla (kg) (Riegrová a spol, 2006).

Nejčastěji dnes užívané laboratorní metody jsou bioelektrická impedance, isotopová diluce, infračervená interaktance, výpočetní tomografie, magnetická rezonance a v poslední době jako referenční metoda DEXA (Dual X-ray absorptiometry) a jiné. Stále však přetrvává i terénní metoda sloužící ke zjištění podkožního tuku tzv. kaliperace, měření tloušťky kožních řas (Vilikus a kol., 2012). Postupy výpočtů by měly být specifické pro konkrétní věk, pohlaví a etnikum (Lehnert a kol., 2014).

V současnosti nejobvyklejší metody zjišťující složení těla:

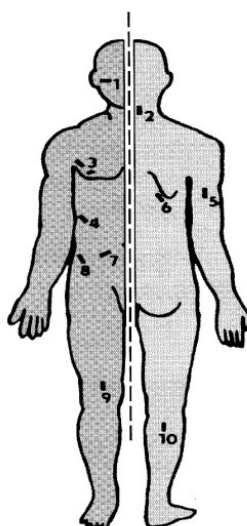
Bioelektrická impedance (BIA) – Bioimpedanční analýza je neinvazivní, nízkonákladový a běžně používaný postup měření složení těla a hodnocení klinického stavu. Měření složení těla probíhá na základě průchodu elektrickým proudem nízké intenzity s vysokou frekvencí, který volně prochází svalovými tkáněmi (vysoký podíl vody a elektrolytů), ale tuková tkáň působí jako odpor či izolátor (vzhledem k nedostatečnému objemu vody). Výsledné hodnoty jsou dávány do spojitosti s pohlavím, věkem, výškou a hmotností jedince (Hainer & Kunešová, 1997). Biompedanční analýza, antropometrická měření a měření tloušťky kožních řas jsou tradičními, jednoduchými a relativně dostupnými metodami pro stanovení tělesného složení a ve srovnání s jinými metodami, jako je podvodní vážení, isotopová diluce či DEXA, mají navíc tu výhodu, že nevyžadují vyškolené odborníky.

Ve srovnání s metodami výpočtu Body mass indexu (BMI), antropometrickými metodami a metodami měření kožních řas, nabízí BIA hodnověrné výsledky při stanovení tuku v lidském organismu, a navíc modernější přístroje poskytují mnoho dalších dat. Tato metoda je velmi citlivá na stav hydratace organismu, dále na termoregulaci, teplotu kůže, ale i na předchozí pohybovou aktivitu (anaerobní zátěž). Je žádoucí, aby měření prostřednictvím BIA probíhalo za shodných podmínek (ráno, na lačno, 24 h. odstup od fyzické aktivity aj.) (Havlíčková, 1997).

DEXA (Dual X-ray absorptiometry) – Metoda DEXA je pro měření tělesného složení nejpřesnější a dnes se výsledky vykládají jako referenční. Principem měření je transmise rentgenového záření (dávka je výrazně nižší ve srovnání s klasickým rentgenovým zářením), které je rozdílně absorbováno měkkými tkáněmi a kostní hmotou. Za nevýhody se dá považovat vysoké počáteční náklady, dále se uvádí snížená exaktnost u jedinců obézních a s vyšší tělesnou výškou nad 190 cm (Riegrová et al., 2006).

Kaliperace – Měření tloušťky kožních řas na 10 místech na těle. Tato metoda je finančně, technicky, časově nenáročná. Součet správně odečtených hodnot tloušťky kožních řas se dosadí do regresivních rovnic odvozených z denzitometrie podle Pařízkové (Vilík a kol., 2012). I kaliperace má své limity a to především v omezení konkrétních rovnic na danou populační skupinu, dále je nutné určit typ kaliperu, ale i konkrétní srovnávací metodu, ze které byly rovnice odvozeny. Chybovost takového měření může dosahovat i 10 %. Navině je často vlastní měření (Riegrová et al., 2006).

Obr. 6 Lokalizace měření tloušťky kožních řas dle Pařízkové (Riegrová a spol., 2006)



Tloušťka kožních řas je měřena:

1. tvář – pod spánkem na spojnici tragion-alore,
2. brada – nad jazylkou,
3. hrudník I – na předním ohraničení axilární jámy nad okrajem musculus pectoralis major,
4. hrudník II – ve výši desátého žebra, v přední axilární čáře,
5. paže – nad musculus triceps brachii v polovině vzdálenosti mezi akromiale a radiale,
6. záda – pod dolním úhlem lopatky,
7. břicho – v 1/3 vzdálenosti mezi omphalion a iliospinale anterior blíže k omphalion,
8. bok – nad hřebenem kosti kyčelní,
9. stehno – nad patellou,
10. lýtko I – pod fossa poplitea (Lehnert a kol., 2014).

Komponenty lidského těla u zdravých jedinců vyšetřujeme především vzhledem k pohybové aktivitě a nutriční intervenci. Rozpoznáváme tak, zda aktuálně nastavený tréninkový plán splňuje předem vymezené cíle. Velmi obdobně jsou tyto metody vhodné k zhodnocení úspěšnosti výživových strategií, vedoucích nejčastěji k hypertrofii svalové hmoty či redukci tukové tkáně a sledování jejich vhodných poměrů. Z toho důvodu se ukazuje, že častá kontrola tělesné hmotnosti není žádoucí, neboť absolutně pomíjí tyto vzájemné poměry.

1.3 Výživová doporučení pro sportovce (metabolická charakteristika výkonu)

Výživa ve sportu (i mimo něj) má svá specifika a především pro sportovce je zásadní tato specifika pochopit ve vztahu ke svému výkonu, potažmo udržitelné výkonnosti. Zdravotní hledisko sportu je mnohdy opomíjeno ve skrytu maximalizace sportovních výkonů. Ukazuje se, že výživa stále není ve sportu brána alespoň jako rovnocenný aspekt tréninkovým metodám. Především u mladého organismu by měly být zdravotní hlediska sportu a správné stravovací návyky prioritou. Výživa až na pár výjimek (obecně silový sport) je stále chápána jen jako prostředek regenerace, aby umožnila sportovci brzký návrat do tréninkového/zápasového kolotoče. Vyšší výkonnost je dána nejen správnými tréninkovými metodami se všemi aspekty, ale i specifickou stravou, odrážející nároky konkrétního sportu.

V rámci obecných informací je vhodné vymezit základní pojmy, se kterými výživa operuje. Základem správného fungování lidského organismu a toho sportovního zvlášť, je hledisko správných stravovacích návyků. Vyrovnaný poměr bílkovin, sacharidů, tuků, dostatečný příjem vitamínů a minerálních látek spolu s adekvátním pitným režimem a dostatečným množstvím energie, nutně povede k pohodlnému zvládnutí běžného života. Stejná pravidla platí i pro sportovce, ten ale k dodržování jídelníčku musí přistupovat se stejnou potřebou, jako k tréninku. Výživa zajišťuje živiny potřebné pro zajištění materiálních a funkčních nároků organismu. Je to v podstatě souhrn procesů, kterými živý organismus přijímá, zpracovává a využívá potravu. Efekt výživy a stravování na život člověka je naprosto zásadní. Vliv výživy nemusí být pouze pozitivní, kdy příznivě posiluje zdravotní stav jedince, ale může být i negativní, kdy při nedodržení zásad stravování, či po požití zdravotně závadných potravin a pokrmů, může zdraví jedince ohrozit (Kohout & Kotrlíková, 2009).

Zásady zdravé výživy a otázka významu, co má potrava člověku přinést, je poměrně složitá. Neustálý vývoj na poli zkoumání efektů složek výživy na psychické a fyzické zdraví člověka pomáhá zpřesňovat a cílit konkrétní poznatky, a především je vnášet do praktického života.

Je velmi vhodné a žádoucí, je-li výživa člověka vnímána jako nástroj prevence. Správně vyvážená a plnohodnotná strava pomáhá předcházet vzniku závažných neinfekčních onemocnění, jako je např. obezita, onemocnění srdce a cév či diabetes, ale i vzniku různých nádorů. Zdravá výživa pomáhá lidskému organismu zvládat průběh některých infekčních onemocnění (Roubík, 2018).

Doporučení, která lze bez výhrad přijmout a která se táhnou jako pomyslná nit literaturou zabývající výživou, potažmo kvalitou života jedince, jsou:

- pestrost stravy,
- omezení skrytých tuků, trans tuků, přídavných látek aj.,
- dostatečná pohybová aktivita,
- dostatečné množství ovoce a zeleniny, celozrnných výrobků a zakysaných mléčných výrobků,
- omezení soli a cukru,
- dostatečný (optimální) pitný režim,
- alkoholické nápoje v omezeném množství,
- použití známých a zdravotně nezávadných potravin,
- dodržování hygienických požadavků a prověřených technologických postupů (Kysel, 2019).

1.3.1 Složky potravy

Jednotlivé složky potravy jsou označovány jako živiny. Základním dělením jsou živiny rozděleny na makroživiny a mikroživiny.

- **Makroživiny** – bílkoviny (proteiny), tuky a sacharidy. Jsou hlavní složkou potravy a mají konkrétní vliv na různé funkce v organismu, slouží jako energetický zdroj nebo poskytují stavební materiál, z kterého je organismus vystavěn.
- **Mikroživiny** – organismu nedodávají žádnou energetickou hodnotu, ale jsou nezbytné pro zajištění správných funkcí metabolismu. Patří sem minerální látky,

stopové prvky a vitamíny. Na jednu stranu je jejich potřebné množství ve stravě velmi nízké, na stranu druhou jsou klíčovými složkami, neboť bez nich by nefungoval proces růstu, tvorby energie a mnoho dalších nezbytných funkcí.

- **Bilance tekutin** – mezi esenciální složky výživy patří bezpochyby voda. Ta sice nedodává ani energii, ani nepostradatelné složky, a mnoho autorů ji ani nepovažuje mezi základní živiny. Nicméně přesto přese všechno voda představuje nejobjemnější složku našeho těla, tvoří přibližně 60 % hmotnosti těla a vzhledem ke svým funkcím je pro fungování organismu nezbytná.
- **Vláknina** – opětovně je to složka, která nemá žádnou výživovou hodnotu. Její význam tkví především v optimálním fungování střeva, jak již bylo mnohokrát potvrzeno, je nezbytná v rámci preventivního zdravotního významu (Kysel, 2019).

Zdraví člověka je výsledkem optimálního příjmu všech výše zmíněných složek potravy. Záměrně uvádíme optimální, neboť je neustále nutné řešit, zda příjem jednotlivých živin není podlimitní či nadlimitní. V obojím případě může dříve či později způsobit zdravotní problémy. V současnosti je relativně přesně dáno kolik, kterých živin by měl člověk přijímat, v jakém poměru k ostatním živinám, případně jaké další okolnosti ovlivňují využitelnost dané živiny. Výživa člověka musí tedy splňovat jak kvalitativní (složení stravy), tak kvantitativní požadavky (energie) kladené na složky výživy. Z pohledu současnosti jsou zásadní problémy ohledně výživy člověka spatřovány v nadměrném příjmu makroživin, a naopak nedostatečném příjmu mikroživin. Nelze však zapomínat na další aspekty našeho stravování, které činí život pestřejší a nedělají z potravy jen nástroj k přežití (Kysel, 2019).

Bulková (1999) hodnotí poživatiny dle aspektů neboli vlastností, které mají a třídí je na:

Výživná – nutriční hodnota – zahrnuje veškerou potřebu organismu na denní bázi. Jedná se o potřebu jak energetickou, tak biologickou. Díky biochemickým procesům čerpá organismus ze stravy potřebné živiny a ty používá k růstu, obnově tkání i buněk, úhradě energie potřebné k pohybu a práci. Vyjadřuje se pomocí údajů o množství obsažených látek, ale i mírou významnosti a prospěšnosti pro člověka.

Energetická hodnota – vyjadřuje se nejčastěji v joulech či kaloriích (1 kcal= 4,2 kJ). Každá živina v potravě má svůj energetický potenciál. Metabolickými pochody jsou bílkoviny,

tuky, sacharidy měněny na energii. Potřeba energie je odvislá od věku, pohlaví a práce, kterou jedinec vykonává. Organismus pro své pochody využívá $\frac{3}{4}$ této energie (bazální metabolismus, tělesná teplota), zbytek energie je využit na mechanickou energii. Fyzikálně vyjádřeno je energetická hodnota potravin množstvím tepla, které poskytují potraviny za dokonalé oxidace.

Biologická hodnota – vyjadřuje určitou nepostradatelnost jednotlivých složek potravy pro organismus. Je tvořena esenciálními (nepostradatelnými) aminokyselinami (jejich zastoupení a poměr rozhoduje o kvalitě dané bílkoviny), nenasycené mastné kyseliny s vyšším počtem dvojných vazeb, vitamíny, minerální látky. Ostatní živiny si organismus dokáže vytvořit přeměnou z jiných složek potravy, za podmínky dostatečného příjmu energie.

Hygienická hodnota – velmi zásadní pro prevenci onemocnění a udržitelnosti zdraví. Do distribuční sítě (přímý či nepřímý prodej) nesmí přijít nekvalitní či zdravotně závadné potraviny. Potraviny podléhající rychlé zkáze, musí být řádně a viditelně označeny. Další podmínkou je odborné a správné zacházení s potravinami, neboť v opačném případě může dojít k negativnímu vlivu lidský organismus. Obsah cizorodých látek je stanoven státní normou, která se nesmí překročit. V rámci hygienické hodnoty je nutné dodržování správných technologických postupů a nařízení a dále nesprávná hygiena nesmí být zdrojem potenciálních nákaz.

Organoleptická (senzorická) hodnota – ovlivňuje smyslové orgány člověka. Tvoří ji chuť, vzhled, a vůně pokrmů. Hotové pokrmy mají být nejen chutné, ale lákat svou vůní a vzhledem. Toho je možné dosáhnout volbou správné technologické úpravy, použitím vhodného koření, ale i zdobením hotových pokrmů. Takto upravená strava se lépe tráví (Bulková, 1999; Kysel, 2019).

1.3.2 Trávení živin

Sacharidy obvykle pokrývají 60 % nutné energie. Polysacharidy, spolu s řepným cukrem (sacharóza) a mléčným cukrem (laktóza) reprezentují nejčastější typy přijatých sacharidů, které se musí rozštěpit na monosacharidy, protože jen ty jsou vstřebatelné. Trávení sacharidů začíná již v ústech.

Dutina ústní je prvním místem, kde se sacharidy začínají trávit, díky působení enzymu ptyalinu. Existuje přímá úměrnost mezi dobou, po kterou je strava v ústech, tedy dobou žvýkání, a dobou působení enzymu ptyalinu. Alfa-amyláza ptyalin rozkládá v neutrálním prostředí polysacharidy na oligosacharidy. V proximálním žaludku trávení pokračuje, avšak v distálním je ptyalin inaktivován kyselou žaludeční šťávou a díky tomu trávení sacharidů pokračuje až v tenkém střevě. V tenkém střevě (konkrétně v duodenu) jsou polysacharidy působením alfa-amylázy ze slinivky břišní postupně štěpeny na oligosacharidy a ty, díky enzymům maltáza a isomaltáza, dokončují štěpení až na konečný produkt, kterou je glukóza. Glukóza je vstřebána do slizniční buňky v oblasti jejunu a odtud pasivně do portální krve. Galaktóza má obdobný systém vstřebávání. Naproti tomu fruktóza je resorbována pomaleji než glukóza, přes pasivního přenašeče, pomocí pasivní difúze po koncentračním spádu (Murray, 2002; Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Resorpce sacharidů probíhá z jejunu do portální krve díky aktivnímu symportu spojeného se sodíkovými ionty za pomoci přenašeče SGLT1 (Sodium-dependent glucose transporter). Enterocyty dokáží pojmout vždy jednu molekulu glukózy (či galaktózy), ze kterých putují pasivně do krve prostřednictvím usnadněné difúze, za pomoci GLUT2 (glucose transporter). Fruktóza přestupuje přes membránu enterocytů pouze za asistence pasivního přenašeče GLUT5, bez závislosti na sodíkovém iontu (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Je-li některý z trávicích enzymů v deficitu, dochází k poruchám trávení a vstřebávání sacharidů, které je provázeno nadýmáním a průjmy způsobenými produkcí plynů bakteriemi tlustého střeva. Pro představu už 50 g disacharidů na sebe váže až litr vody, což vede k vodnatému průjmu. Dalším důvodem je přeměna laktózy na toxické látky zapříčiněné střevními bakteriemi. Klasickým případem je laktózová intolerance neboli deficit laktázy (Silbernagl & Despopoulos, 2004; Zlatohlávek, 2019).

Vstup krevní glukózy do orgánů (játra, ledviny aj.) je zabezpečen přenašečem GLUT2 a je řízený intra a extracelulárními koncentracemi, bez závislosti na inzulinu. Stejná situace je přenos glukózy do mozku, zde je však přenašečem GLUT3. Buňkám tkání citlivých na inzulin (tkáň svalová a tuková) je krevní glukóza poskytnuta díky přenašeči GLUT4. Přenašeč GLUT1 se objevuje v podstatě všude, nejvíce pak v erytrocytech a mozkových buňkách, ale i této transport je nezávislý na inzulinu (Ledvina a kol., 2004).

Příjem **tuků** v naší stravě by měl být přibližně 30 % kalorické hodnoty přijaté stravy. Pro představu množství se jedná o 80–100 g/den. Vzhledem k povaze a významu tuků pro organismus člověka by dlouhodobě nemělo toto množství klesnout pod 20 % kalorické hodnoty stravy. Jednotlivé typy lipidů a jejich zastoupení ve výživě člověka by mělo reflektovat individuální odlišnosti životního stylu. Nelze šablonovitě doporučit stejné zastoupení či poměr SFA (nasycené mastné kyseliny), MUFA (mono-nenasycené mastné kyseliny), PUFA (poly-nenasycené mastné kyseliny) u jedince, který má náročnou fyzickou práci či tvrdě sportuje a srovnávat tento jídelníček s jedincem, jehož denní režim je spíše klidový a příliš fyzické aktivity nevykonává. Z toho důvodu lze obecně doporučit pro běžnou populaci omezený příjem živočišných tuků a naopak preferovat tuky rostlinné (1:2/1:3), případně dodržovat příjem nasycených mastných kyselin do 10 % celkové energetické hodnoty stravy a hlídat poměr mezi omega 6 a omega 3 PUFA (Kysel, 2019). Hlavní součástí přijímaných tuků jsou triacylglyceroly (triglyceridy), fosfolipidy, estery cholesterolu aj. Většina z těchto lipidů jsou resorbovány až z 95 % v tenkém střevě (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Vzhledem k tomu, že jsou tuky nerozpustné ve vodě, je jejich trávení a vstřebávání specifické. Pro optimální působení trávicích enzymů je nezbytná **mechanická emulgace** tuků, která jim zajistí relativně velkou povrchovou plochu ke štěpení. Tato emulgace probíhá především díky motilitě distálního žaludku. Tukové jsou rozkládány na jejich základní součásti – glycerol a mastné kyseliny. V tenkém střevě jsou dále tuky za působení solí žlučových kyselin rozměňovány na micely, které opětovně poskytují větší povrchovou plochu umožňující enzymatické štěpení, neboli **enzymatickou emulgaci** (Kysel, 2019).

Trávení tuků probíhá díky několika významným enzymům. **Lipázy** jsou secernovány žlázkami kořene jazyka (slinné lipázy), žaludeční fundu a pankreatické šťávy. Část tuků (10-30 %) je štěpena v žaludku a nepatrná část je natrávena již v dutině ústní prostřednictvím slinné lipázy. V duodenu a horním jejunu je rozkládáno 70-90 % tuků. Pankreatická lipáza (triacylglycerová lipáza) štěpí triacylglyceroly za přítomnosti vody na 1. a 3. esterové vazbě, čímž výslednými produkty budou volné mastné kyseliny (FFA – free fatty acids) a 2-monoacylglyceroly (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Fosfolipáza A₂ za přítomnosti solí žlučových kyselin a Ca²⁺ štěpí zbylou 2. esterovou vazbu fosfolipidů micel. Karboxyesteráza štěpí estery cholesterolu a všechny tři esterové vazby triacylglycerolů. V tenkém střevě s podílem solí žlučových kyselin vytváří nejen z těchto produktů micely. Micely z důvodů své velikosti dovolí ještě lepší účinnost při vstřebávání tuků ve slizničních buňkách. Vstřebávání tuků je ukončeno na konci jejunu (soli žlučových kyselin v terminálním ileu – enterohepatální oběh) (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Mastné kyseliny s dlouhými řetězci a monoacylglyceroly jsou transportovány ke klkům, kde se opětovně slučují na triacylglyceroly. Jelikož jsou TAG ve vodném prostředí nerozpustné, je nutné, aby byly navázány na jiné částice. V krvi jsou poté transportovány v podobě transportních lipoproteinů a chylomikronů přes ductus thoracicus (mízní kmen) přenáší dále přes lymfu do krevního oběhu a do cílových tkání (Bartůňková, 2014). Tyto partikule lze dělit do několika tříd dle hustoty a velikosti. TAG a cholesterol z jater jsou přemísťovány do periferie prostřednictvím VLDL (very low density lipoprotein). Naopak z periferie do jater a žláz produkující steroidní hormony, je nadbytečný cholesterol přenášen pomocí HDL (high density lipoprotein) (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Volné mastné kyseliny (FFA) jsou energetickými substráty energetického metabolismu. Nejčastěji jsou přenášeny jako TAG pomocí lipoproteinů a z nich jsou oddělovány lipoproteinovými lipázami především tukové a svalové tkáně. Navázané FFA na albumin se dostávají do srdeční a kosterní svaloviny, kde jsou oxidovány jako zdroj energie, do tukové tkáně, kde se z FFA opětovně syntetizují opětovně TAG, které se ukládají do tělesných zásob a do jater, ve kterých jsou FFA oxidací odbourány. Obdobně jako u sacharidů hormony (adrenalin, glukagon a kortizol) stimulují lipolýzu ze zásob, naopak tlumí ji inzulin (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Transport mastných kyselin s krátkým a středně dlouhým řetězcem (do C12) pronikají membránou enterocytů velmi snadno a portální žilou se dostávají rovnou do jater, na rozdíl od vyšších mastných kyselin, které se stávají částí chylomikronů, proudící lymfatickými cestami. To je velká výhoda MCT (medium chain triglyceride) v rámci sportovní výživy – rychlost a vstřebatelnost srovnatelná se sacharidy (Roubík, 2018).

Chemicky jsou **bílkoviny** složité látky, jejichž základním stavebním kamenem jsou aminokyseliny, které jsou mezi sebou spojeny tzv. peptidovou vazbou. Sled jednotlivých

aminokyselin a jejich uspořádání je geneticky kódované. Celý proces od požití bílkovin přes jejich zpracování až po vstřebání trvá v průměru 3–5 hodin. Z 20 aminokyselin je nutné 9 přijmout potravou (esenciální aminokyseliny). Zbývající aminokyseliny jsou procesem transaminace v těle syntetizovány (Bartůňková, 2014).

Zcela zásadním je proces **denaturace**, kdy dochází k narušení složitých struktur bílkovin. Díky tomu mohou trávicí enzymy lépe přistupovat k vazbám aminokyselin a tím narušit jejich strukturu. Proces denaturace je prováděn nejčastěji fyzikálním způsobem – technologickou úpravou pokrmu (vaření, pečení a jiné). Obecně platí, že denaturované bílkoviny podléhají trávení ochotněji než jejich nativní formy. Negativem denaturace je snížení výživné hodnoty vlivem poškození některých aminokyselin. Trávení bílkovin začíná v žaludku působením enzymu pepsinu, čemuž předchází aktivace kyselinou chlorovodíkovou, která usnadňuje denaturaci. Dalším žaludečním enzymem je chymozin způsobující srážení mléka a teprve poté trávení pepsinu. Tato trávenina vstupuje do tenkého střeva, kde začínají působit pankreatické enzymy trypsin a chymotrypsin. Dokončení procesu trávení je v kartáčovém lemu buněk sliznice tenkého střeva. Aminokyseliny a krátké peptidy se absorbují do enterocytu pomocí přenašečů. Intracelulárně se dodatečně krátké peptidy štěpí dipeptidasami. Část bílkovin (asi 2 %) je nestravitelná, ani se v tlustém střevě neabsorbují, naopak část bílkovin se v tlustém střevě, vlivem mikroorganismů konvertuje (Ledvina a kol., 2004; Kysel, 2019).

Z enterocytu dochází k uvolnění jednotlivých aminokyselin, ty se dostávají do vrátnicové žíly a vrátnicovým oběhem do jater, kde probíhá syntéza bílkovin de novo. Výjimku tvoří rozvětvené aminokyseliny (leucin, izoleucin, valin), které se v nezměněné podobě po průchodu játry využívají až ve svalovině a v mozku. Aminokyseliny opouštějící játra jsou z tkání vychytávány především svaly. Transport je aktivní pomocí bílkovinných přenašečů a je inzulinu-dependentní (Ledvina a kol., 2004).

Proteolytické enzymy, které se podílí na trávení bílkovin jsou dvojího druhu. Endopeptidázy, mezi které patří žaludeční a pankreatické enzymy, štěpí hydrolyzují peptidy uvnitř převážně delších řetězců, naopak exopeptidázy odštěpují jednotlivé aminokyseliny od jejich dusíkatých a uhlíkových konců (karboxy- a amino- peptidázy) spíše kratších řetězců (Ledvina a kol., 2004).

Podle dalších dějů, můžeme aminokyseliny dělit na:

- ketogenní – umožní vznik přímo acetoacetátu či acetyl-CoA a přes sérii meziproduktů se mění na ketolátky. Početně je jich méně a jen leucin s lysinem jsou čistě ketogenní,
- glukogenní – degradují na pyruvát či jiné složky Krebsova cyklu (mimo acetyl-CoA) a mohou být meziprodukty glukózy (týká se většiny aminokyselin) (Ledvina a kol., 2004).

1.3.3 Energetický metabolismus živin

Kvantitativní neboli energetická stránka výživy je množství energie obsažené v jednotlivých potravinách. Energetická hodnota živiny se hodnotí maximálním ziskem tzv. makroergních molekul (ATP, cyklických fosfátů), které poskytují bezprostřední zdroj energie pro jakékoliv chemické reakce probíhající v organismu člověka. Reálná spotřeba energie je odvislá od schopnosti živinu vstřebat, její metabolické přeměně, transportu od cílové buňky a způsobu využití. Jednoduchým příkladem je rozdíl v energetické využitelnosti molekuly glukózy za rozdílných podmínek – aerobních nebo anaerobních. Mnoho složek výživy nese nulovou energetickou hodnotu – voda, minerály, vitamíny, ale třeba i dietní vláknina. Energetickými zdroji v organismu jsou pouze hlavní makroživiny, tedy bílkoviny, sacharidy a tuky a jejich chemické vazby, v nichž je energie vázána. Metabolickými procesy vedoucími k rozpadu těchto vazeb získává organismus energii potřebnou k veškerým činnostem člověka, ale i energii nutnou k fungování jednotlivých orgánů a orgánových soustav. Každá z makroživin se liší množstvím energie, která se v rámci oxidace uvolňuje, a proto i množství potravy nutné k udržení energetické rovnováhy závisí na její skladbě (Sucharda, 1995; Kysel, 2019).

Metabolismus sacharidů

Procesem trávení se sacharidy ve všech svých formách rozštěpí na monosacharidy. Ty jsou poté absorbovány v tenkém střevě, ve střevních klcích a transportovány do jater portální žilou. Zjednodušeně lze říci, že veškerý metabolismus sacharidů se koncentruje na metabolismus glukózy (Bartůňková, 2014).

Hlavním zdrojem energie pro metabolismus lidského organismu je glukóza. Hladina glykémie (koncentrace glukózy v plasmě) je dána jejím využitím (spotřebou) na jedné straně a na druhé její dodávkou (příjmem). V rámci metabolismu glukózy rozlišujeme několik dějů:

- glykolýza – odbourávání glukózy, jenž může probíhat anaerobně, probíhající v erytrocytech, dření ledvin či zčásti i v kosterním svalstvu, za vzniku laktátu a dále aerobně-oxidativně ve většině orgánů a v kosterním a srdečním svalstvu,
- glykogeneze – syntéza glykogenu z glukózy, jejímž cílem je uskladnění glukózy do zásoby a udržování stále glykémie. Ve svalech slouží glykogen pouze pro lokální energetické nároky,
- glykogenolýza – opačný proces glykogeneze, neboli rozklad glykogenu na glukózu,
- glukoneogeneze – novotvorba glukózy z nesacharidových látek, z aminokyselin, laktátu a z glycerolu, produktu katabolismu tuků.
- lipolýza – odbourávání tuků, jež poskytuje glycerol a volné mastné kyseliny pro glukoneogenezi (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Metabolismus glukózy, a tedy i výše uvedené děje jsou stimulovány na úrovni několika hormonů, nejvýznamněji především slinivky břišní a nadledvin:

- Glukagon – vylučován z A-buněk pankreatu např. při hladovění, déletrvající pohybová aktivita, stimuluje glykogenolýzu v játrech, čímž zvyšuje/ normalizuje hladinu glykémie mezi jídly či delším fyzickým výkonu. Je v podstatě antagonistou inzulínu. Podporuje glukoneogenezi.
- Inzulin – obsažen v B-buňkách pankreatu, snižuje glykémii, přispívá k ukládání glukózy do zásoby, především v játrech, podporuje tvorbu tuků, pomáhá zabudování glukózy do buněk kosterních svalů. Ve sportu je mnohdy zneužíván pro svou anabolickou funkci – ukládání aminokyselin podobě bílkovin do kosterního svalstva, podněcuje růst a lipogenezi.
- Kortizol – hormon kůry nadledvin, zvyšuje koncentraci glukózy v krvi, díky aminokyselinám získaných katabolismem tkáňových bílkovin. V rámci reakce na stres mobilizuje energetický metabolismus a podporuje intenzitu srdečního výkonu.

- Adrenalin – hormon dřeně nadlečin, připravuje organismus na zátěž, zvyšuje glykémii, podporuje syntézu glukagonu. Podporuje katabolismus tuků i glykogenu a použití vzniklých produktů v rámci glukoneogeneze (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Mimo tyto výše uvedené hormony, ovlivňují metabolismus sacharidů i dva hormony slinivky břišní, produkované D – buňkami: somatostatin a somatotropin (Silbernagel, Despopoulos, 2004).

Metabolismus tuků

Proces získávání energie z tuků je znám jako β -oxidace (oxidace probíhá na C3, neboli v místě β -uhlíku). Vyšší mastné kyseliny jsou pro získání energie klíčové. Důvodem je procentuálně nejvyšší obsah vodíku v řetězci, který je podstatný pro získání energie. Metabolické děje se odehrávají v matrix mitochondrií, v procesu dýchacího řetězce. β -oxidace je sled opakujících se reakcí, kdy se uhlíkový řetězec neustále zkracuje vždy o dva uhlíky, které končí jako acetyl-CoA. Každý takto metabolizovaný dvouhlíkatý zbytek vstupuje do sledu dalších, navazujících reakcí. Jeden takovýto proběhlý proces poskytuje 5 molů ATP (reakce produkující FADH_2 a NADH_2). Celkově ale je získání energie z vyšší mastné kyseliny výrazně vyšší než násobek pěti, neboť je nutné počítat se vzniklým acetyl-CoA. Orientačně pak lze celkový energetický obrat vyjádřit jako:

počet otáček x 5 ATP plus počet vzniklých acetyl-CoA x 12 ATP

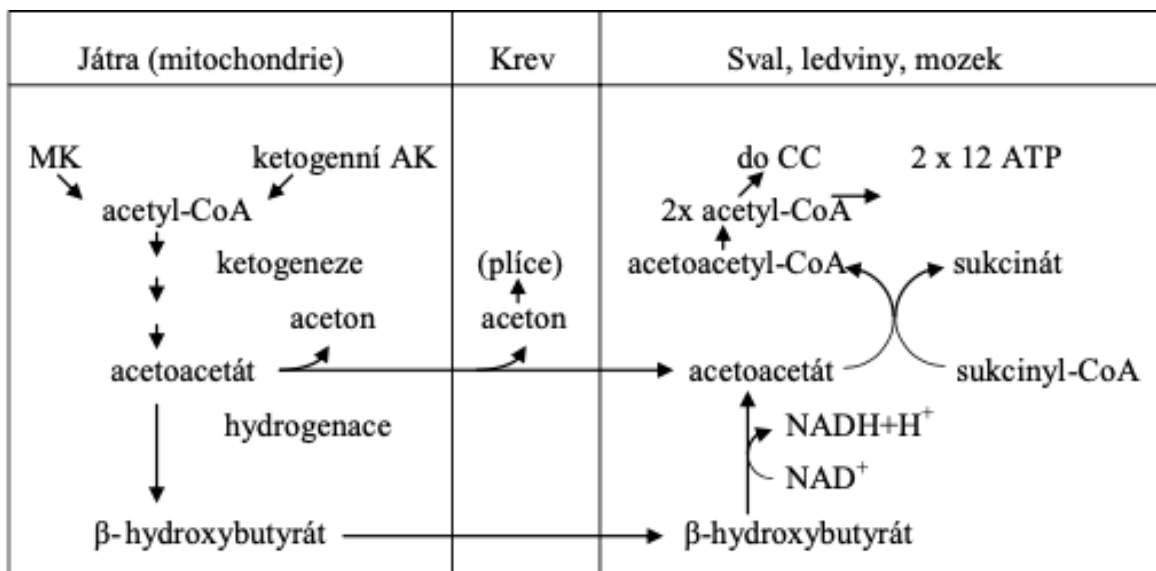
Výpočet je jen hrubým propočtem zisku ATP, neboť část ATP slouží k aktivaci reakce a dále některé molekuly acetyl-CoA jsou v játrech metabolizovány na ketolátky. I přesto je důležité si uvědomit, jak velký je zisk energie ve srovnání s jinými substráty. Je potřeba brát dále v potaz odlišnost β -oxidace u nenasyčených mastných kyselin, která neprobíhá natolik „jednoduše“ z důvodu přítomnosti dvojných vazeb. Zde poté hrají roli enzym isomerasa, jež převádí vazbu cis na trans a umožní tak pokračování běžné oxidace (Ledvina a kol., 2004).

Celý proces probíhá za aerobních podmínek a z mastné kyseliny nezbyde finálně nic, neboť vyšší mastné kyseliny mají sudý počet uhlíků. Vzhledem k tomu, že mastné kyseliny mohou do mitochondrií, jakožto místa oxidace, vstupovat aktivně jen jako mastné kyseliny s počtem

uhlíků do maximálně 12, u vyšších mastných kyselin je k tomuto kroku potřeba hydroxykyselina karnitin, která slouží jako specifický přenašeč. Karnitin je obsažen především v masných a mléčných zdrojích (Ledvina a kol., 2004; Vilikus a kol., 2012).

V případě, že ve stravě jedince absentují sacharidy, dlouhodobě hladoví či je strava jednostranně zaměřená na tuky, je produkovaný acetyl-CoA spotřebováván v rámci **ketogeneze**, místo aby byl součástí Krebsova cyklu. Vznik ketolátek („ketone bodies“), za které jsou označovány tři látky– **beta-hydroxybutyrát, aceton a acetacetát**, je tedy odvozen od molekul acetyl-CoA, které vstupují do řady navazujících reakcí, jejichž produkty jsou právě ketolátky. Ketogeneze se odehrává výhradně v játrech. Ketózu lze identifikovat, jako cestu adaptace na absenci glukózy či glykogenu v těle či jako reakci na neléčený diabetes, opět jako zdroj energie. Úloha ketolátek je být náhradním metabolickým palivem především pro srdeční a kosterní sval, ale i pro ledviny. V delším časovém horizontu jsou ketolátky energetickým palivem i pro mozkovou tkáň. Utilizace neprobíhá v játrech, ale vždy v periférii (Ledvina a kol., 2004).

Obr. 7 Utilizace ketolátek (Ledvina a kol., 2004)

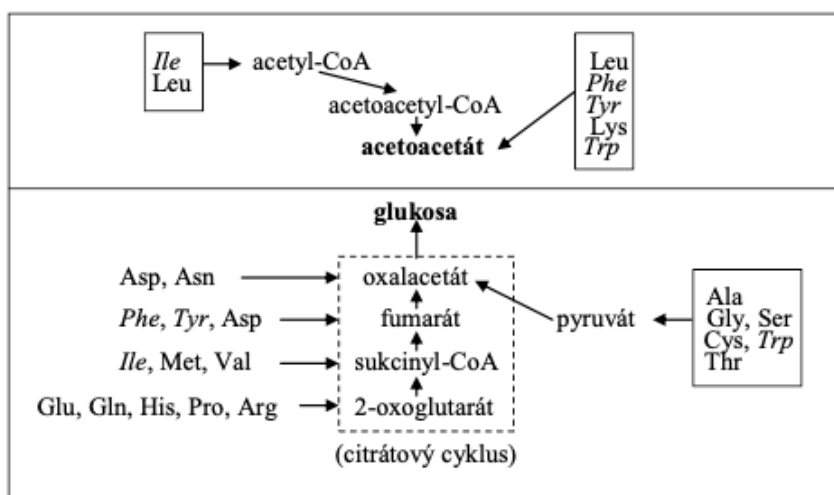


Metabolismus bílkovin

Přestože i ve specifických případech mohou být bílkoviny využity jako jeden ze zdrojů energie, primární funkce bílkovin je jiná. Poskytuje stavební produkty pro syntézu enzymů, hormonů, tkání apod. Reakce aminokyselin jsou:

- obecné – transaminace, dekarboxylace, oxidační deaminace,
- speciální – navázání aminokyselin do Krebsova cyklu či tvorba ketolátek (Ledvina a kol., 2004; Bartůňková, 2014).

Obr. 8 Reakce různých typů aminokyselin a jejich využití (Ledvina a kol., 2004)



Prvním krokem při štěpení aminokyselin je víceméně vždy odstranění aminoskupiny. Tato aminoskupina se uvolňuje jako amoniak (jež se přeměňuje na močovinu) a je vyloučen močí či jako akceptor (2(α)-oxokyselina) v procesu transaminace, která se týká většiny aminokyselin. Bartůňková (2014) dále uvádí, že z 1 molu aminokyselin se v Krebsově cyklu uvolní přibližně 40 molů ATP (Ledvina a kol., 2004; Bartůňková, 2014).

Zdroje energie svalové kontrakce – energetické zajištění výkonu kondičních schopností

Podstatnou hodnotou u jakéhokoliv typu zatížení jsou energetické substráty, které se liší dle délky trvání dané zátěže. Při prodlužující se délce trvání sportovního zatížení se velmi výrazně mění zdroje, které organismus využívá ke krytí zvýšených energetických nároků.

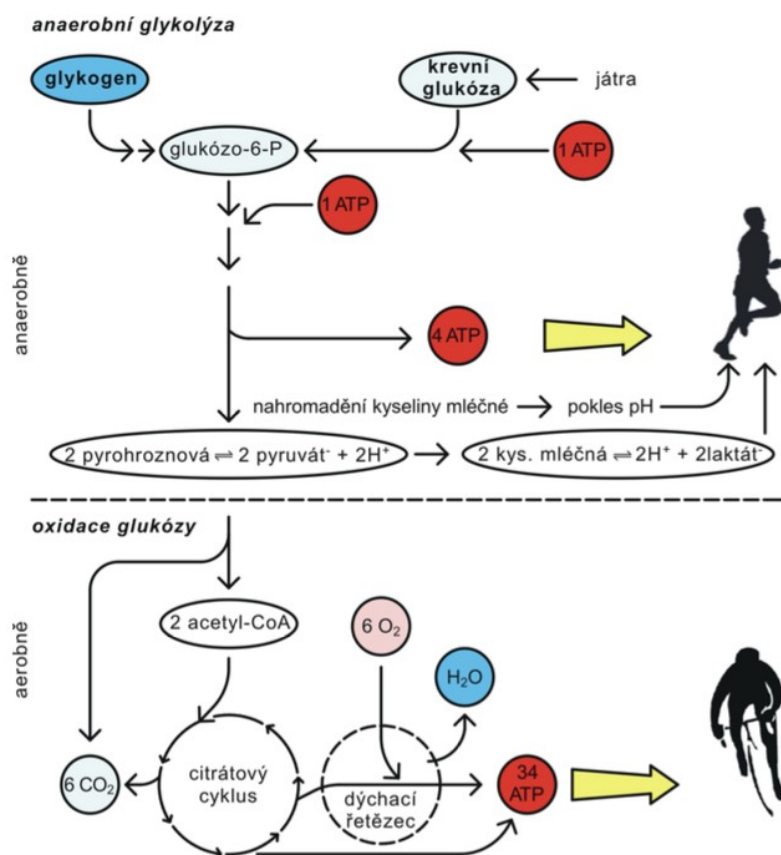
Zdroje energie jsou:

- makroergní fosfáty – ATP (pohotovostí zdroj), CrP (zásobní zdroj),
- makroergní substráty – potravou přijímané sacharidy, tuky, bílkoviny a metabolickými procesy modifikované do vhodných forem (Kohlíková, 2004).

Základním substrátem, který je využíván v rámci svalové kontrakce je adenosintrifosfát (ATP). Zásoba ATP ve svalové buňce je velmi omezená a vystačí na několik málo svalových kontrakcí. Je tedy nutné spotřebovávaný ATP průběžně obnovovat. Díky tomu je intracelulární koncentrace ATP relativně neměnná. K obnově ATP slouží:

- štěpení kreatinfosfátu (CrP) – kreatinkináza velmi rychle regeneruje adenosindifosfát (ADP), vzniklý štěpením ATP, na ATP. Zásoba CrP poskytuje organismu krátkodobý výkon po dobu 10-20 s,
- anaerobní glykolýza – uplatňuje se od 30 s., současně s tím, je odbouráván svalový glykogen přes glukózo- 6-fosfát na kyselinu mléčnou (výtěžnost 3 moly ATP. Laktát je v rámci lehké aktivity dále metabolizován v srdci a játrech, při níž se spotřebovává vodíkový iont (vzniká při disociaci kyseliny mléčné na laktát). Poté nastávají dvě situace – 1. při trvalém, těžkém výkonu pokračuje dále anaerobní glykolýza a glukóza je získávána z krve prostřednictvím glykogenolýzy z jater a glukoneogeneze.
2. pokud je pohybová aktivita konstantní, pak přibližně po jedné minutě přechází na aerobní oxidaci glukózy a mastných kyselin,
- aerobní oxidace glukózy – umožňuje dlouhodobé, vytrvalé výkony, neboť aerobní oxidace glukózy poskytuje 36-38 molů ATP. Důležitá podmínka je konstantní srdeční frekvence. Jako tzv. „mrtvý bod“ je označována situace přechodu od anaerobní glykolýzy k aerobní oxidaci,
- oxidace mastných kyselin – v rámci výkonu trvající od 20-30 min podíl lipolýzy na uhrazení energie stoupá a postupně navyšuje. Zisk ATP se liší dle délky řetězce mastné kyseliny. U vyšších mastných kyselin např. u C16 (kys. palmitová) je až 130 molů ATP. Výhoda je setrvalý vysoký zisk energie („nevyčerpatelnost“ tukových zásob), nevýhodou je rychlost takového zisku energie (Ledvina a kol., 2004; Vilikus a kol., 2012).

Obr. 9 Energetické krytí svalové práce (Bernaciková, 2012)



V situaci, kdy sportovec pokračuje ve vytrvalostním výkonu a tepová frekvence trvale stoupá, je sice nedostatek energie přechodně uhrazen anaerobní regenerací ATP, nicméně v tomto objemu již laktát (spotřebovávající vodíkový iont viz. výše) není kompletně odbouráván a v organismu se hromadí právě vodíkové ionty. Pokud dojde k nárůstu koncentrace laktátu 4 mmol/l (označované jako anaerobní práh), poté již není možné předpokládat výrazné navyšování výkonu. Díky poklesu pH (laktacidóza) jsou stále více utlumovány chemické reakce nezbytné pro svalovou kontrakci, počíná absence ATP a tím rychlá únava a pohybovou aktivitu je nutné ukončit.

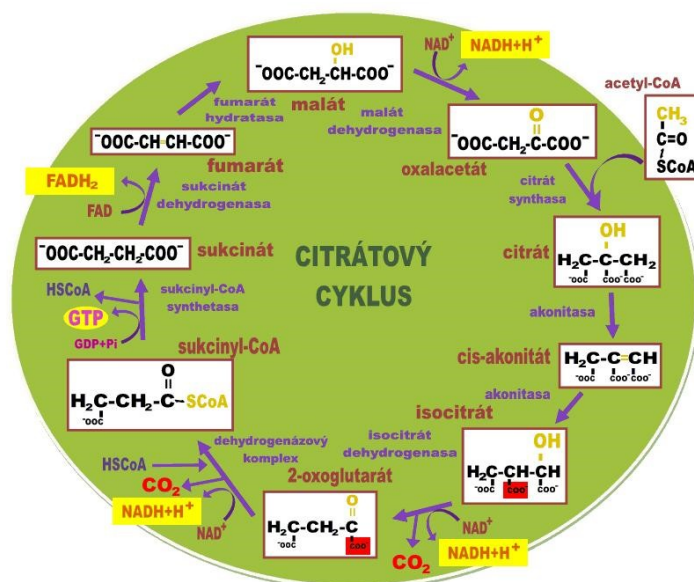
Únava je charakterizována jako:

- periferní – vyčerpání energetických zásob a současně akumulací produktů látkové přeměny ve svalech,

- centrální – svalové či kloubní bolesti redukuje trvání pohybu či motivaci k němu (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Nelze opomenout **Krebsův cyklus** (citrátový cyklus), jehož význam je především energetický. Krebsův cyklus je jakýmsi rozcestím, kde se kříží anabolické a katabolické dráhy aerobního a anaerobního metabolismu. Vstupním metabolitem je acetyl-CoA, terminální produkt katabolismu všech makroživin, který je v kooperaci s molekulami vody transformován na oxid uhličitý. Atomy vodíku jsou navázány na kofaktory NAD^+ a FAD , a které jsou následně redukovány v **dýchacím řetězci**. Krebsův cyklus i dýchací (respirační) řetězec se odehrávají v mitochondriích buněk (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

Obr. 10 Krebsův cyklus (Ledvina a kol., 2004)



Energetické substráty při zátěži v závislosti na různé délce trvání

Zvyšující se nároky na zabezpečení energetických požadavků vyvolaných pohybovou aktivitou jsou odvislé od délky trvání sportovní zátěže.

Rychlostní zátěž

Touto zátěží jsou myšleny např. sprinty na vzdálenost 100 až 200 metrů, u kterých je doba trvání v případě vrcholových atletů zhruba 10 a 20 s. Jako zdroje energie jsou využívány tzv. makroergní fosfáty – adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CrP). Dříve se považoval tento

druh zátěže za tzv. typ alaktátové zóny (dnes je prokázáno, že anaerobní glykolýza s tvorbou laktátu se zapojuje do metabolických procesů, už během prvních sekund zátěže, ale nejde o proces dominantní). Při rychlostní zátěži, či vysoce intenzivních cvičeních vystačí rezervy ATP pouze na několik sekund, resyntéza ATP je ovšem velmi rychlá, k jeho obnovení dochází zejména právě z kreatinfosfátu a rychlost této obnovy je velká (sekundy a minuty). Za delší časové období dochází rovněž k resyntéze ATP štěpením živin, tj. cukrů, tuků a výjimečně i bílkovin. Zde jde ale už o jiný druh zatížení než o rychlostní (Vilikus a kol., 2012).

Rychlostně-vytrvalostní zátěž

Jako příklad rychlostně-vytrvalostní zátěže se uvádí běh na 400 metrů a podobné typy pohybového zatížení. Jde většinou o dobu trvání 45–60 s. U tohoto druhu zátěže a těchto výkonů se jako zdroj k obnově ATP kromě CP využívá především glukóza. Glukóza se spaluje formou anaerobní glykolýzy za vzniku kyseliny mléčné. Při tomto typu zatížení, které je stále velmi intenzivní, není možné udržet intenzitu výkonu na úplném maximu, neboť rychlost resyntézy ATP ze sacharidových zdrojů je výrazně pomalejší (přibližně 10krát), než z CP. Anaerobní glykolýza je reakce, při které dochází ke štěpení glykogenu, respektive glukózy na kyselinu mléčnou – laktát. Energetickým substrátem pro anaerobní glykolýzu je zásobní polysacharid glykogen. Nachází se jednak v samotných kosterních svalech (celkem cca 250–350 g), ale také v játrech (cca 80 g). Rychlostně vytrvalostní zátěž je možné opakovat ve stejné intenzitě a kvalitě nejdříve po jednom dni odpočinku. Za tu dobu se kompletně obnoví zásoby makroergních fosfátů a ze svalů se odstraní všechny laktát (Vilikus a kol., 2012).

Krátkodobá, střednědobá a dlouhodobá vytrvalostní zátěž

Krátkodobou vytrvalostní zátěž tvoří například běhy na 800 metrů nebo aktivity podobně odpovídající intenzity. Doba trvání je přibližně v rozmezí mezi 105–120 s. Jako hlavní zdroj pro obnovu ATP se využívá především glukóza. Při krátkodobé vytrvalostní zátěži se v těle stále ještě intenzivně tvoří laktát (kyselina mléčná).

Střednědobá vytrvalostní zátěž představuje trénink či výkon jako je například běh na 1500 metrů až 5000 metrů. Doba trvání střednědobé zátěže je mezi 3:30 až 13 minutami. Jako

zdroj k obnově ATP se využívá především glukóza metabolizovaná oxidativní cestou, tedy za využití molekulárního kyslíku. Znamená to tedy, že se tělo a jeho organismus pohybují především v tzv. aerobní zóně zatížení. Oxidativní fosforylace už zcela dominuje nad anaerobní glykolýzou, tvorba laktátu již není tak intenzivní a organismus dokáže již během zátěže kyselinu mléčnou průběžně odbourávat. (Jestliže tedy intenzita a úroveň dané zátěže nepřesáhne tzv. anaerobní práh). To se většinou děje až při dokončování dané zátěže při jejím finiši. U tohoto druhu zatížení se stále ještě jako zdroje potřebné energie nevyužívají lipidy (Vilikus a kol., 2012).

Dlouhodobá vytrvalostní zátěž je prezentována výkony, které se pohybují na hranici 5000 metrů až 21 kilometrů uběhnuté vzdálenosti, nebo zkrátka zátěž trvající delší časový úsek než 13 až 60 minut. Nejprve se jako zdroj obnovy ATP využívá glukóza metabolizovaná oxidativní cestou, poté přichází na řadu proces oxidativní fosforylace, a pak tělo začíná využívat a uplatňovat lipolýzu, což je vlastně využití energetických substrátů v podobě tuků (dochází k tomu přibližně po 20–30 minutách). Podíl využívání zdrojů energie formou lipolýzy se zvětšuje s prodlužující se zátěží. Pokud při výkonu dojde k poklesu rychlosti a intenzity, je to z důvodu vyčerpání glykogenu a to proto, že resyntéza ATP z lipidových zdrojů je asi 20krát pomalejší než ze zdrojů CP a asi 2krát pomalejší než v případě sacharidových zdrojů. Proces lipolýzy můžeme podpořit při samotném výkonu užitím určitých doplňků stravy. Zde se stále ještě jako zdroj energie nevyužívají aminokyseliny (Vilikus a kol., 2012).

Velmi dlouhá vytrvalostní zátěž

Jde o zátěž velmi dlouhou, jako je například maratónský běh, nebo extrémní sportovní výkony, jako jsou třeba různé dlouhotrvající překážkové závody, extrémní triatlony a jiné podobné disciplíny trvající kolem 2–4 hodin. Zdrojem ATP je tady především glukóza metabolizovaná oxidativní cestou a také hlavně proces lipolýzy. Přibližně po 90 minutách zátěže se jako zdroj energie dostávají do procesu i aminokyseliny a nastává tzv. glukoneogeneze. Jde o „nouzový“ proces organismu. I když intenzita dané zátěže a tím pádem i výkon sportovce s přibývajícimi minutami postupně znatelně klesají, právě proces glukoneogeneze umožní sportovci dál pokračovat ve výkonu. Snahou by tedy mělo být vytvořit si před závodem/výkonem co největší zásoby svalového glykogenu, tak aby

se proces glukoneogeneze co nejvíce oddálil. Doporučený trojpoměr živin pro vytrvalostní sportovce: sacharidy 70: bílkoviny 12: tuky 18 (Vilikus a kol., 2012).

Silová zátěž

Silový sportovci potřebují k vybudování většího objemu svalů a s tím spojený vyšší nárůst síly vhodně doplňovat zejména bílkoviny. U kondičních nebo běžných sportovců by k tomu měla stačit běžná strava, která by měla zajistit a pokrýt cca 1,2 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti denně. U profesionálních a vrcholových sportovců se za horní hranici považuje dávka 1,8–2,0 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti denně. Někteří z řad silových sportovců se snaží docílit co nejvyššího příjmu bílkovin (např. až 4 g na kg denně). Takový vysoký příjem už ale nemusí být organismus schopen zakomponovat do svalových buněk, a tak je buď využívá a spaluje jako energetické substráty nebo je transformuje na zásobní tuky, ukládá je v podkoží a to má za následek, že sportovec poté tloustne (Vilikus a kol., 2012).

Obecně platí, že v případě sportovců, kteří se zaměřují na silové výkony, popřípadě na sporty jako je kulturistika a jí podobné, tedy se zaměřením především na estetickou stránku daného sportu, je velmi důležité se zaměřit na správný podíl příjmu bílkovin. Pochopitelně je potřeba rozdělit stádia daného tréninku obecně, kde v úvodní objemové fázi bude spotřeba bílkovin a množství přijímaných živin samozřejmě značně větší než ve fázi závěrečné. V případě silových sportů a s nimi spojeného velkého množství příjmu potravy je nutné řešit otázku trávení a zatížení organismu. Je takřka nezbytné pravidelně ve stravě obsáhnout dostatečný počet vlákniny.

Doporučený trojpoměr živin pro silové sportovce: sacharidy 55: bílkoviny 30: tuky 15 (Kysel, 2019).

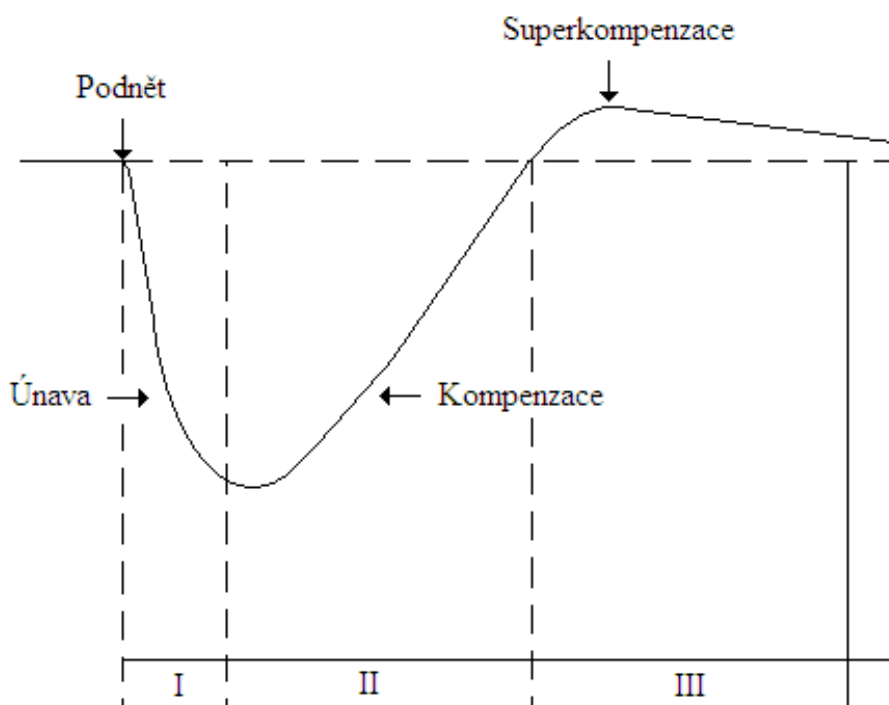
Superkompenzace

Superkompenzace je jeden z klíčových pojmů, který by měl sportovec znát, neboť je základem tréninkového procesu. Výklad pojmu odkazuje na biochemické procesy a úroveň energetického potenciálu v konsekvenci předchozích zatížení. Zjednodušeně lze vysvětlit, jako střídání zatížení a odpočinku, přičemž je velmi důležitý timing obou fází, aby nedocházelo k přetrénování či naopak desadaptaci. Principem je poté adaptabilita lidského

organismu na fyzickou zátěž resyntézou především energetických substrátů a bílkovin na vyšší úroveň než před zátěží. Doba regenerace je dle Bernacikové (2012) odvislá od:

- Typu zatížení, charakteru tréninku
- Pohlaví, věku
- Výživy (i suplementace)
- Typu regenerace (pasivní vs. aktivní)
- Další proměnné (životní styl, úroveň stresu, medikace aj.)

Obr. 11 Superkompenzace (Bernaciková, 2012)



Sacharidová superkompenzace je specifická výživová strategie, jejímž cílem je tvorba, až dvojnásobného objemu, svalového glykogenu. Svalová superkompenzace využívá efektu, že svalový glykogen je zdrojem energie pouze pro svalovou práci daného svalu. V rámci sportovních odvětví je využíváno nejčastěji ve dvou sportovních odvětvích – v silovém (estetickém odvětví např. kulturistika) a vytrvalostním sportu. Silový sport využívá tohoto efektu pro zvětšení a zvýraznění objemu svalů. Ve vytrvalostním sportu jde naopak o maximalizaci glykogenových zásob, jakožto zásob energetických pro daný svalový výkon. Sacharidové superkompenzace se zařazuje v posledním týdnu před plánovaným závodem

či soutěží. Musí jí nutně předcházet období sacharidové hypoalimentace (příjem sacharidů do 10 % denní energetické potřeby), trvající zhruba 3 dny. Poté následuje druhá fáze, sacharidová hyperalimentace po dobu 2-3 dnů, jejímž základem je naopak vysoký příjem sacharidů (70 % denní energetické potřeby) a s tím spojená dostatečná hydratace (Vilikus a kol., 2012; Roubík, 2018).

Výživa a stravování ve sportovním prostředí je, a nadále i bude, více a více specifická. Jako obecný poznatek platí, že sportovci podávají určitý výkon oproti běžným lidem, proto jsou na jejich organismus kladeny vyšší nároky, ať už co se týká regenerace jako takové, denního režimu, tréninku, přípravy, periodizace tréninkových cyklů, tak právě také výživy a stravovacích návyků a je ve výsledku jedno, zdali se jedná o atleta s extrémním vytrvalostním výdejem a režimem, nebo jen o amatérského cvičence, který se snaží o fundamentální pohybový rozvoj a naplnění alespoň části svého silového potenciálu. Jejich strava se samozřejmě bude výrazně lišit, ale vždy je nakonec nejdůležitější lidská individualita. Proto jsou velice doporučované konzultace se speciality a odborníky a jako klíč k vykonání prvního rozumného kroku se rovněž uvádí pestrost ve stravování. Nezbytný je také správný pitný režim, dodržování určité frekvence stravování, pohyb v dané kalorické/energetické bilanci a jíst, pokud možno, i přes touhu a potřebu podávat co nejvyšší výkony zdravě, a to právě živiny, které mají co nejvíce přírodní základ a jsou pouze minimálně tknuté a zpracované (Clark, 2009; Skolnik & Chernus, 2011; Kysel, 2019).

1.4 Dietní režimy s omezením sacharidů

Jednou ze tří hlavních makroživin jsou sacharidy, které zároveň patří mezi nejrozšířenější organické látky na zemi. Všechny vyšší organismy jsou na příjmu energie, vázané v chemických vazbách, závislé. Základními funkcemi sacharidů jsou:

- **Energetická** – pohotovostní zdroj energie, dále energetická zásobárna ve formě jaterního a svalového glykogenu.
- **Strukturální** – spolu s proteiny (glykoproteiny) tvoří základ chrupavčitých tkání a kloubů a spolu s tuky (glykolipidy) jsou nezbytnou součástí buněčných membrán organismu.

- **Funkční** – podporují střevní mikroflóru (nestavitelné sacharidy) a tím správnou funkci střev (Zlatohlávek, 2019).

Sacharidy jsou zastoupeny v lidské potravě od 50–80 % kalorického příjmu. Toto velké rozmezí je dáno odlišností ve způsobu stravování jednotlivých kultur. Dalším rozdílem je poměr jednoduchých a složených sacharidů ve stravě. V České republice je průměrný příjem sacharidů okolo 50 % energetické hodnoty stravy. Pojem cukry se používá pouze pro označení jednoduchých sacharidů (monosacharidy). Jako minimální příjem se považuje 100–150 g glukózy denně, neboť jen mozek potřebuje denně 100 g glukózy a dále červené krvinky, kostní dřeň a jiné jsou na glukóze také závislé.

Sacharidy jsou sloučeniny uhlíku, vodíku a kyslíku, které se liší svou strukturou a velikostí molekuly. Jako využitelné sacharidy se označují téměř výhradně ty, které obsahují 6 atomů uhlíku, tzv. hexózy. Monosacharidy se vyskytují převážně v ovoci, v medu či zelenině, mají sladkou chuť, nicméně jejich sladivost je rozdílná. Mezi monosacharidy patří:

- Glukóza – neboli hroznový cukr, je to přímý zdroj energie, pokud není v potravě přítomen, vzniká novotvorbou (glukoneogeneze) z aminokyselin, laktátu i tuků. Pokud je jeho příjem vysoký, část se uloží do jaterního a svalového glykogenu jako rezerva a zbylý nadbytek se ukládá ve formě tukových zásob.
- Fruktóza – neboli ovocný cukr je nejsladším z monosacharidů, vstřebává se pomaleji než glukóza, nicméně v játrech se stejně konvertuje na glukózu. Fruktóza nezvyšuje inzulínovou reakci.
- Galaktóza – je součástí mléčného cukru (Martinča & Kysel, 2018).

Disacharidy jsou tvořeny dvěma cukernými jednotkami neboli kombinují jednotlivé monosacharidy:

- Sacharóza – řepný, třtinový, či stolní cukr je složen z glukózy a fruktózy
- Laktóza – je mléčný cukr složený z glukózy a galaktózy. Lidské mateřské mléko obsahuje až 7 % laktózy oproti polovičnímu množství v kravském mléku.
- Maltóza – neboli sladový cukr je sloučenina dvou molekul glukózy. Nachází se v obilném sladu (Martinča & Kysel, 2018).

Monosacharidy a disacharidy jsou označovány jako jednoduché sacharidy neboli cukry. Oligosacharidy jsou tvořeny od 2–10 cukernými jednotkami a jsou převážně nestravitelné. Ve významném množství se objevují v luštěninách.

Polysacharidy jsou tvořeny více jak 10 cukernými jednotkami a dělíme je, zda mohou být rozštěpeny lidskými amylázami na stravitelné (využitelné) a nestravitelné (vláknina). Jiné dělení polysacharidů je na zásobní (škrobovitě), což odpovídá polysacharidům stravitelným a dále vláknité neboli stavební. Mezi zásobní polysacharidy patří rostlinný škrob a živočišný glykogen. Rostlinné škroby jsou hlavní složkou lidské výživy a mezi hlavní zdroje patří brambory, rýže či obiloviny. Živočišným polysacharidem je glykogen, jež je vázaný jednak v játrech a jednak ve svalech. Obecná populace má ve svém těle přibližně 400 g glykogenu, z čehož 1/3 je vázaná v játrech a zbylé 2/3 v kosterních svalech. Sportovci dokáží tyto zásoby zdvojnásobit. Stavební polysacharidy neboli vláknité polysacharidy, mezi něž patří celulóza a chitin, které působí jako nerozpustná vláknina, mají protektivní efekt v trávicím systému. Nelze opomenout polysacharid inulin, který je zdrojem energie pro střevní mikroflóru a je tak řazen k významným přírodním prebiotikům (Martinča & Kysel, 2018).

Sacharidy, které bychom měli přijímat především ve formě polysacharidů, se musí rozštěpit na monosacharidy, protože jen ty jsou vstřebatelné. Dutina ústní je prvním místem, kde se sacharidy začínají trávit, díky působení enzymu Ptyalinu. Existuje přímá úměra mezi dobou, po kterou je strava v ústech, tedy dobou žvýkání a dobou působení enzymu Ptyalinu. V žaludku je Ptyalin inaktivován a díky tomu trávení sacharidů pokračuje až v tenkém střevě. V tenkém střevě jsou sacharidy působením amyláz ze slinivky břišní postupně štěpeny až na jednotlivé monosacharidy. Ty poté přecházejí přes střevní sliznici do krve. Je-li některý z trávicích enzymů v deficitu, dochází k poruchám trávení a vstřebávání sacharidů, které je provázeno nadýmáním a průjmy způsobenými produkcí plynů bakteriemi tlustého střeva. Pro představu už 50 g disacharidů na sebe váže až litr vody, což vede k vodnatému průjmu. Klasickým případem je laktózová intolerance neboli deficit laktázy (Sucharda, 1995). Většina vstřebaných sacharidů je odvedena krví do jater, kde fruktóza i galaktóza jsou nejdříve přeměněny na glukózu a ta je poté prostřednictvím metabolismu využita jako:

Energetický substrát pro všechny tkáně

- Uložena ve formě glykogenu – jaterní (jako zásobárna glukózy pro mozek) a svalový (pro svalovou kontrakci)
- Přeměněna v játrech a tukové tkáni na mastné kyseliny a triglyceridy, jež slouží jako případná energetická zásobárna
- Využita pro syntézu komplexních proteinových makromolekul glykoproteinů a glykolipidů (Zlatohlávek, 2019).

Využití glukózy regulují hormony, a to především hormony slinivky břišní – inzulin a glukagon a další hormony – kortikoidy, adrenalin, noradrenalin, hormony štítné žlázy a růstový hormon.

Nejvýznamnější místo v regulaci glukózové rovnováhy má **inzulin**, který přebytečnou glukózu posune podle metabolické situace do míst potřeby. Je-li porušena sekrece inzulinu, vede ke vzniku onemocnění zvaného diabetes mellitus.

Při hodnocení vlivu trávení sacharidů a jejich rychlosti vstřebávání do krve, je vhodné rozlišovat potraviny, které zvyšují krevní glukózu v závislosti na čase. Existuje tak několik ukazatelů, které jsou označovány jako glykemický index, glykemická nálož a inzulinový index (Martinča & Kysel, 2018; Roubík, 2018).

Glykemický index vyjadřuje rychlost vzestupu krevní glukózy po konzumaci dané potraviny. Glykemický index vysvětluje, proč i při nízkotučné stravě lze ztloustnout či onemocnět cukrovkou. Glykemický index porovnává nárůst hladiny krevní glukózy po požití konkrétní potraviny s nárůstem krevní glukózy po požití stejného množství sacharidů ve formě čisté glukózy. Čistá glukóza má glykemický index rovný 100 a má-li tedy některá potravin glykemický index např. 50, pak to znamená, že se budou sacharidy, obsažené v této potravíně, uvolňovat do krve 2x pomaleji. Je proto vhodné konzumovat potraviny se středním a nízkým glykemickým indexem, ze kterých se glukóza do krve uvolňuje postupně, a i vyplavení inzulinu je přiměřené příslušnému zvýšení glykemie.

- Potraviny s nízkým glykemickým indexem (GI nižší než 55) – jedná se především o zeleninu, žitné pečivo, tmavou rýži, luštěniny a ořechy apod. Tyto potraviny navozují pocit sytosti po delší dobu.

- Potraviny se středním glykemickým indexem (GI 56–69) – patří sem např. müsli, vločky, máslové sušenky, celozrnné pečivo, sladké brambory či těstoviny
- Potraviny s vysokým glykemickým indexem (GI vyšší než 70) – jsou to potraviny jako např. vařené brambory, smažené hranolky, rozvařená bílá rýže, bílý chléb, sladkosti, cornflakes, či pizza. Tyto potraviny zvyšují krevní glukózu velmi rychle a na tento prudký nárůst glykemie reaguje mnohdy vyšší hladina inzulinu, díky čemuž nastává opětovný pocit hladu. Je zajímavé, že glykemický index neodráží přímou úměru mezi obsahem jednoduchých cukrů a vysokým glykemickým indexem, jak by se mohlo na první pohled zdát. Jako příklad lze uvést většinu ovoce, které přestože obsahuje jednoduché cukry, patří mezi potraviny s nižším glykemickým indexem. Důvodem je vazba těchto cukrů ve vláknité struktuře rostlinných pletiv, z nichž se do krve uvolňují pomaleji (Roubík, 2018).

Glykemický index je pouze teoretickou hodnotou, která vyjadřuje relativní rychlost nárůstu hladiny krevního cukru. Mnohem důležitější údaj poskytuje glykemická nálož (GN). **Glykemická nálož** je charakterizována jako rychlost nástupu glykemie. Neovlivňuje ji pouze glykemický index dané potraviny, ale spíše absolutní obsah sacharidů, především celkové množství potraviny, kterou sníme. Glykemická nálož tedy zohledňuje množství požitých sacharidů na celkovou velikost vzestupu krevní glukózy po jídle.

Díky tomu malé množství potraviny s vysokým glykemickým indexem zvýší glykemii jen velmi nepatrně, naopak příjem velkého množství potraviny s nízkým glykemickým indexem ovlivní vzestup glykemie velmi razantně. Glykemickou nálož spočítáme následovně: $GL = GI \times \text{množství sacharidů v g} / 100$. Pro úplnost si stejně jako u glykemického indexu uveďme potraviny tak jak se dělí podle glykemické nálože:

- potraviny s nízkou glykemickou náloží (menší než 10) jsou například ovoce, zelenina, mléčné výrobky,
- se střední glykemickou náloží (11–19) jsou například brambory vařené bez slupky, ovesné vločky apod.,
- s vysokou glykemickou náloží (20 a více) jsou například těstoviny, rýže, sušenky, čokoláda a další (Roubík, 2018).

Dalším z parametrů, které je vhodné brát do úvahy je inzulinový index. Vzhledem k tomu, že některé potraviny, přestože mají minimální glykemický index, či sacharidy skoro neobsahují, způsobují nepřiměřeně vysoké vyloučení inzulinu. **Inzulinový index** zohledňuje nejen obsah sacharidů, ale je odvislý i od množství a kvality obsažených bílkovin a tuků. Vylučování inzulinu není způsobováno pouze glukózou, potažmo obsahem sacharidů v potravě, ale i vzájemnými interakcemi aminokyselin a mastných kyselin obsažených v požitých potravinách. Nejčastěji mluvíme o třech zdrojích výživy, jejichž inzulinová odpověď je relativně vyšší, než je obsah sacharidů a glykemický index. Patří sem například libové maso (kuřecí, hovězí, ryby a další), dále některé mléčné výrobky (bílý jogurt a tvaroh) a také některé pekařské výrobky a sladkosti (donuty, sušenky, dorty, tyčinky Snickers, Mars atd.) (Roubík, 2018).

Vlákninu můžeme považovat za sacharid představující komplex tzv. balastních látek potravy. Vláknina nepodléhá hydrolýze trávicími enzymy v tlustém střevě. Vlákninu nalezneme především v zelenině, ovoci, celozrnných obilovinách, luštěninách, ořechách a semenech. Vlákninu můžeme považovat za jednu z nejdůležitějších složek lidské výživy. Vláknina prochází zažívacím ústrojím bez vstřebání až do tlustého střeva, kde dochází vlivem přítomné bakteriální mikroflóry k částečnému natrávení. Nejčastěji lze rozlišit vlákninu rozpustnou a nerozpustnou ve vodě. Vláknina rozpustná vytváří s vodou gelovitou substanci a tento typ vlákniny podporuje pocit sytosti díky tomu, že oddálí vyprázdnění žaludku. Nerozpustná vláknina se ve vodě nerozpouští, označujeme ji jako hrubou vlákninu a její hlavní význam tkví v urychlení průchodu tráveniny zažívacím traktem.

Rozpustná vláknina:

- Pektin (ovoce – broskve, hrušky, angrešt a jiné)
- Některé hemicelulózy (např. vláknina v kukuřici a pšenici)
- Rostlinné slizy, agar (psyllium)
- Inulin (čekanka, česnek, artyčok)
- Oligosacharidy

Nerozpustná vláknina

- Celulóza (brukvovitá a kořenová zelenina)
- Lignin (z dřevnatých částí rostlin) (Martinča & Kysel, 2018).

Tab. 1 Obsah vlákniny v některých potravinách (Martinča & Kysel, 2018)

potravina	vláknina v g/100 g
pšeničné otruby	45
lněné semínko	38
sója, pšeničné otruby	18
fazole	15
celozrnné pečivo	8–10
ovesné vločky	7
rybíz	6
hrášek, maliny	5
rýže natural, corn flakes	4
fazolky, brokolice, mrkev, zelí, banány, bílý chléb, kapusta	3
květák, jablka, pomeranče, brambory	2
rajčata	1,5
okurka, bílá rýže	1

Hlavní význam vlákniny spočívá v řadě pozitivních reakcí a vlivů. Je-li strava bohatá na vlákninu, pak je předpoklad k nižší incidenci onemocnění zejména trávicí soustavy a metabolických poruch. Vláknina na sebe váže různorodé látky z obsahu střev. Díky tomu chrání sliznici před nežádoucími látkami a má tedy ochranný účinek na trávicí soustavu. Spolu s nežádoucími látkami však váže i některé vitamíny a minerály, proto je nutné s tímto efektem počítat (např. současné podávání léku a vlákniny). Vláknina také zpomaluje vstřebávání cukrů, ale i snižuje absorpci tuků. Vláknina vytváří vhodné podmínky pro množení zdravé střevní mikroflóry. Dále vláknina podporuje regeneraci střevní sliznice a aktivuje imunitní systém. Doporučená dávka vlákniny je stanovena v rozmezí od 30–40 g pro dospělé a poměr vlákniny rozpustné: nerozpustné je 1:3. U dětí se vychází

z jednoduchého výpočtu „věk + 5“. Nedoporučuje se podávat vlákninu před 6. měsícem života. Příjem nadměrného množství vlákniny (nad 60 g denně) může způsobovat zažívací obtíže (např. plynatost, bolest žaludku), ale mnohem závažnější je omezení vstřebávání makroživin i některých mikroživin. Přestože pozitivní efekt vlákniny je známý, její význam je celosvětově nedoceněný. Ve vztahu k nízkosacharidovým dietám je tedy nutno vyzdvihnout právě účinek vlákniny. Chybí-li dostatečné množství vlákniny ve stravě je možné, a často to příznivci nízkosacharidových diet dělají, přidat rozličné doplňky stravy (psyllium či jiné dle komerčního názvu). Ztrácí se tím ale efekt přirozenosti, rozmanitosti a plnohodnotnosti stravy... (Martinča & Kysel, 2018).

Příjem sacharidů se liší v závislosti na pohlaví, věku, fyzické aktivitě, zdravotního stavu aj. I z toho důvodu lze nalézt široké rozpětí doporučovaného množství. Jak již bylo zmíněno, nejčastější doporučované rozpětí se pohybuje od 50-60 %. Vzhledem k tématu práce je vhodné se tedy soustředit na zdravé jedince a sportovce, kteří chtějí podpořit svou pohybovou aktivitu a své cíle právě úpravou stravy v neprospěch sacharidů. Nicméně vzhledem k aktuálnosti dietního zaměření obecné populace, potažmo lidí s nadváhou či obezitou, jsou tyto sacharidy omezující diety i v jejich hledáčku a nelze tak zúžit toto téma jen na zdravé jedince.

Obecný pojem „dieta“ je charakterizován jako souhrn energetického příjmu a živin přijatých stravou. Z toho plynou následující typy diet:

- Velmi nízko a nízko energetické diety
- Nízkotučné diety
- Nízkosacharidové diety
- Ketogenní diety
- Vysokoproteinové diety
- Přerušované hladovění

Jakékoliv další diety skrývající se pod komerčními názvy či označeními (např. Atkinsova dieta, Zónová dieta, Paleo dieta aj.) budou vždy spadat pod jednu z výše uvedených diet.

1.4.1 Nízkosacharidové diety

V současnosti se objevuje velké množství diet, které sami sebe označují za nízkosacharidové či dokonce ketogenní. Je potřeba hned na počátku upozornit, že rozdíly mezi jednotlivými

typy jsou vcelku markantní a především, že nízkosacharidová nerovná se ketogenní dieta viz. dále.

Hlavním pojítkem či společným jmenovatelem budiž, již v názvu obsažený pojem, nízkosacharidový. Kolik je tedy málo sacharidů ve stravě? Nejen v tomto se právě jednotlivé typy diet liší. Dále pak v poměru zbylých dvou makroživin a poté samozřejmě v mnoha dalších aspektech:

- Výběr sacharidů
- Existence záchytných bodů či fází
- Odlišný výběr potravin – luštěniny, mléčné výrobky aj.
- Udržitelnost diety – dlouhodobě/celoživotně či jen po přechodnou dobu

Zajímavá je také motivace jedinců pro výběr daného stravovacího omezení:

- Optimalizace tělesné kompozice
- Životní styl
- Zlepšení zdravotního stavu
- Zlepšení sportovního výkonu

Definice nízkosacharidového stravování, neboli hojně užívaného pojmu Low Carb (LC), není přesně vyjádřena. Nicméně lze vycházet z předpokladu o doporučováním nejnižším množství sacharidů. Tato dolní hranice je nejčastěji klasifikována jako 40 % celkového energetického příjmu, či množství okolo 200 g sacharidů/den, a cokoliv pod touto hranicí je považováno za LC stravování (Koliaki et al., 2018).

1.4.2 Druhy nízkosacharidových diet

Některé z diet nesou označení svého zakladatele či místo vzniku, jiné v názvu popisují samotnou dietu.

Typická, základní Low carbs dieta

Velmi obecně řečeno je charakteristika této diety platná pro většinu LC. Obsah sacharidů ve stravě je v rozmezí od 50 do 100 g denně, nicméně toto množství je možné individuálně měnit dle potřeb každého jedince. Zásadní je v této dietě výběr sacharidových zdrojů, který žádným způsobem neklasifikuje potraviny na zakázané a povolené, natož pak, kdy je možné

tyto potraviny konzumovat a kdy ne. Je ideální pro někoho, kdo se s LC dietami seznamuje či chce určitou svobodu ve vlastním stravování.

Ketogenní dieta

Dieta, jež především dnes dala jméno mnoha dietám, které vlastně nejsou tak zcela ketogenní, ale již jen název evokuje něco speciálního, co zaručeně musí fungovat. Původně byla ketogenní dieta vytvořená pro léčbu farmakorezistentní epilepsie, nicméně dnes je „znovuobjevena“ pro své účinky i ve sportovní výživě. Sacharidové složky je nejvýrazněji omezena (do 30 g denně) a naopak dochází k maximalizaci složky tukové, při které není hlavním energetickým substrátem pro lidské tělo glukóza, ale ketolátky, vznikající právě při metabolismu tuků za podmínky dostatečného vyčerpání glykogenu. Ketolátky jsou produkty metabolismu tuků a jako zdroj energie organismus využívá především tyto tři: beta-hydroxybutyrát, aceton a acetacetát. Je potřeba odlišit ketoacidózu, jež je charakterizována jako extrémní forma ketózy a kde již tělo nedokáže kompenzovat produkci ketolátek v krvi. Tento stav se nejčastěji objevuje u neléčeného diabetu 1. typu či u dlouhodobého alkoholismu a může dokonce ohrozit pacienta na životě. Naproti tomu např. hladovění či výrazné omezení sacharidů s kompenzatorním navýšením tuků ve stravě vede k nutriční ketóze bez rozvoje metabolické acidózy (Harvey et al., 2019, McDonald, 1998).

Efekt ketogenní diety spočívá v tom, že vyčerpá-li jedinec své vlastní, velmi malé, množství zásobního sacharidu ve formě svalového glykogenu (od 300-600 g, dle trénovanosti jedince, jeho zatížení, předešlé superkompenzaci aj.) pak nutně musí organismus hledat alternativní zdroje poskytující energii pro svalovou práci. Jedním z nich mohou být právě volné mastné kyseliny (VMK), které mohou být využity většinou tělesných tkání, na druhou stranu mozek nedokáže tento zdroj využít. Na řadu přichází právě ketolátky jako produkt nekompletního metabolismu VMK v játrech. Při zvýšené produkci ketolátek se jejich hladina v krevním řečišti zvyšuje a způsobuje výše zmíněný stav nutriční ketózy, či jen zkráceně ketózu. Současně dochází ke snížení produkce a využívání glukózy a zároveň se minimalizuje využití proteinu v procesu glukoneogeneze. Z toho důvodu je přednostně v těle využíván tuk, jakožto primární zdroj energie a jedinec jej redukuje především z vlastních tukových zásob. Jedním z dalších efektů minimálního obsahu sacharidů ve stravě je i nižší tvorba

kyseliny mléčné a tím menší únava a z toho plynoucí rychlejší regenerace organismu (Ma et al., 2018).

Stejně jako je žádoucí podpořit redukci tuku vhodným cvičením, tak i v tomto případě je potřebná zvýšená tělesná aktivita. Vzhledem k tomu, že ketogenní diety obsahují minimální podíl sacharidů ve stravě, pak je skoro nemožné udržet výkonnost při cvičeních vysoké intenzity, využívajících právě sacharidy, především glukózu, proto je nutné volit tak spíše cvičení s nižší intenzitou. Pokud chce jedinec využívat potenciálu ketogenní diety a zároveň nesnižovat intenzitu zatížení, pak je nutné nějakým způsobem sacharidy ve stravě opatrně doplňovat, ale zároveň dodržovat principy, aby byl organismus stále ve stavu ketózy. K tomu slouží především dvě z níže uvedených diet a to TKD a CKD (McDonald, 1998; Kysel et al., 2019; Kysel et al. 2020).

Jsou známy 4 formy ketogenních diet – Cyklická ketogenní dieta (CKD), Cílená ketogenní dieta (TKD – targeted), Standardní ketogenní dieta (SKD), Ketogenní dieta s vysokým obsahem bílkovin (HPKD – high protein ketogenic diet). Především první dva typy jsou použitelné u sportovců, jelikož řeší vztah mezi sportovním tréninkem (především rezistentní trénink i s kombinací aerobních aktivit) a cílenou úpravou stravy ve prospěch tuků (TKD – sacharidy navíc do 50 g před a po tréninku mající vliv na progresi sportovního výkonu, nejen tedy na redistribuci tukových zásob jako je tomu u CKD).

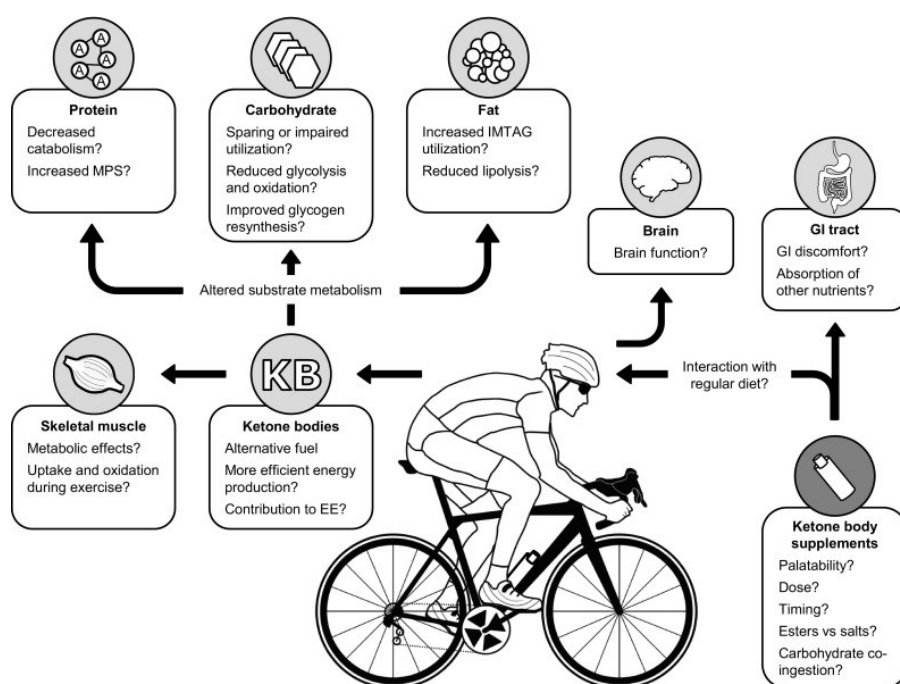
Cyklická ketogenní dieta (CKD) je forma ketogenní diety, ve které se střídají dvě různé dlouhé fáze – delší fáze bezsacharidová (low carb) a kratší fáze sacharidová (high carb). Je to dieta s vysokým obsahem tuků, přiměřeným množstvím bílkovin a nízkým obsahem sacharidů (McDonald, 1998; Kysel et al., 2019).

Jako krátkodobá dieta je cyklická ketogenní dieta velmi efektivní, nicméně je náročná vzhledem k sestavení vhodného jídelníčku – v dietě buď jedinec je, nebo není tzn. nelze ji dodržovat na půl a to je velký rozdíl od jiných dietních přístupů. Předpokladem dosažení individuálních cílů prostřednictvím CKD je nejen samotná strava, ale i dostatečně náročný trénink vyčerpávající svalový glykogen, vyřazení nevhodných potravin, které mohou v těle spustit glukoneogenezi, vhodný poměr tuků a bílkovin (2-3:1 ve prospěch tuků), vyhnutí se stresu a v neposlední řadě zařazování dnů s vysokým příjmem sacharidů. Je nutné si dále uvědomit, že je výhodné si zjišťovat, alespoň 2x denně, hladinu ketolátek v moči. Hodnoty

se odečítají optimálně ihned po probuzení a poté později během dne pomocí Ketophan/Diaphan (diagnostické proužky ke stanovení ketolátek v moči) (Kysel et al., 2019).

Nelze jistě opomenout, že speciální ketogenní diety mají vliv i na psychický a kognitivní stav jedince, neboť hladina sacharidů je opravdu minimální (El Ghoch et al., 2016).

Obr. 12 Potencionální účinek ketolátek v metabolismu – vliv na sportovní výkonnost (Pinckaers et al., 2017)



Dieta „Low carbs high fat“ (skandinávská LCHF)

Švédsko bylo jednou z prvních zemí, které zpochybnilo nízkotučné stravování, a naopak svá doporučení otočili směrem k nízké hladině sacharidů a vysoké hladině tuků (Johansson et al., 2012). Cíl LCHF je v prevenci chronických onemocnění přes redukci sacharidů a navýšením poměru zdravých tuků. Spíše než jako dietu, označují příznivci tento typ stravování, jako životní styl. To podporuje i myšlenka na celkové vynechání procesovaných potravin a návrat k přirozené, nezpracované stravě. Asi nejlépe to ilustruje pohled na zakázané potraviny, mezi které patří například obilniny, škrobová zelenina (brambory, fazole, hrášek, či kukuřice) a poté samozřejmě zpracované potraviny s přidaným cukrem.

Vzhledem k tomu, že není přesně daná hranice a obsah jednotlivých makroživin, je těžké kontrolovat hladinu sacharidů a ze stejného důvodu je zde riziko deficitu jednotlivých složek výživy, především makronutrientů.


Paleolitická dieta, Paleo

Dr. Loren Cordain (2013) uvádí ve své knize „*Paleo dieta: moderní verze pravěké stravy...*“, že Paleo dieta není vlastně dietou ve svém významu. Jde o návrat ke stravování, které je nám geneticky dáno, je přirozená a především je to návod, jak bychom měli jíst. Srovnáme-li poměry makroživin v paleodietě: 19-35 % bílkoviny, 22-40 % sacharidy a 28-47 % tuky, pak oproti jiným LC dietám, je zde vidět vyšší zastoupení bílkovin ve stravě a naopak nižší hodnoty tuků, oproti například ketodietě. Z toho plyne, že mnoho zastánců paleo diety je schopných na této dietě fungovat dlouhodobě a i zde je potřeba říci, že nejde o žádný krátkodobý dietní plán, ale spíše o celoživotní přístup ke stravování, potažmo životu vůbec. Hlavní myšlenka zní velmi prostě – jíst pouze to, co by bylo dostupné předchůdci jeskynního muže v období paleolitu. Takový člověk se živil především lovem a sběrem, neznal tedy pojem zemědělství. Důležité je poznamenat, že taková strava je vysoce kalorická, nicméně v paleolitu byl k takové stravě i adekvátní pohybový režim. Zjednodušeně lze říci, že problematické jsou ve striktní paleo stravě především obiloviny a mléčné výrobky (Cordain a kol., 2013).

Na obrázku č. 13 lze vidět srovnání základních 3 verzí paleo: podstatný rozdíl je ve vnímání jednotlivých složek potravy. „Striktní“ paleo nemá žádné kompromisy a je ve své podstatě nejbližší představě o výživě paleolitického člověka. Naproti tomu „Normální“ paleo a „Primal“, již zařazují do výběru potravin i problematické mléčné výrobky, čímž se především Primal, stává pro mnoho lidí dostupnější a udržitelnější. Dostupnost dnes proměnila paleo v mnoho dalších proudů, mezi kterými si lze individuálně vybrat (Autoimunitní paleo, Ketogenní paleo, 80/20 paleo, Paleo s ohledem na alergie...).

Obr. 13 Typy paleo diet (Runyon, 2013)

THE MANY TYPES OF PALEO There are a lot of different variations to the paleo diet. Bust through the confusion with this helpful reference chart.			
FOOD	STRICT PALEO	NORMAL PALEO	PRIMAL
MEAT (ALL) LEAN CUTS PREFERRED	YES	YES	YES
FISH (ALL)	YES	YES	YES
EGGS	YES	YES	YES
FRUITS (INCLUDING BERRIES)	YES	YES	YES
VEGETABLES (EXCLUDING NIGHTSHADES)	YES	YES	YES
NUTS (IN MODERATION)	YES	YES	YES
SEEDS (IN MODERATION)	YES	YES	YES
HERBS AND SPICES	YES	YES	YES
SALT	YES! NATURAL SALTS PREFERRED	YES! NATURAL SALTS PREFERRED	YES! NATURAL SALTS PREFERRED
OILS + FATS	ANIMAL FATS, OLIVE, COCONUT, AVOCADO, FLAXSEED	STRICT PALEO + OCCASIONALLY GHEE	NORMAL PALEO + OCCASIONALLY GRASS FED BUTTER
ALCOHOL	WINE	WINE	WINE + WHISKEY, BRANDY, SCOTCH, TEQUILA, COGNAC
NIGHTSHADES (TOMATOES, PEPPERS, POTATOES, ETC)	NO	YES, (POTATOES EXCLUDED)	YES, WHITE POTATOES IN MODERATION
SUGAR	NO	RAW HONEY + MAPLE SYRUP	RAW HONEY + MAPLE SYRUP
DAIRY	GRASS FED BUTTER	ONLY GHEE ALLOWED IN SMALL AMOUNTS, GRASS FED BUTTER	FERMENTED DAIRY (YOGURT, RAW GRASS FED BUTTER, AGED CHEESE + RAW MILK)
COCOA	NO	70% DARK CHOCOLATE OR HIGHER	70% DARK CHOCOLATE OR HIGHER
GRAINS	NO	NO	WHITE RICE OCCASIONALLY
LEGUMES (BEANS, SOY, PEANUTS)	NO	NO	NO
GLUTEN	NO	NO	NO

 **Ultimate Paleo Guide**

Atkinsova dieta

Rok 1972 a kniha „*Diet revolution*“ amerického kardiologa Roberta C. Atkinse je zásadním textem, který byl v mnoha ohledech novelizován a zpřístupňován současné populaci, která má zájem o LC stravování. V době svého vzniku upoutala pozornost právě díky

až heretickému přístupu ke stravování. Vysoká míra příjmu bílkovin, tuku, naproti tomu nízká hladina sacharidů, to vše završené neomezeným množstvím příjmu masa, sýrů a vajec, a naopak omezení cukru, těstovin, mléka, ovoce a mnohdy i zeleniny. To je ve zkratce Atkinsova dieta. Paradoxní je právě neomezená konzumace živočišných bílkovin, které díky své sytící funkci vedou ve výsledku ke ztrátě apetitu a tím nepřímo k omezení množství přijímané energie. To vše spolu s nízkým příjmem sacharidů vede postupně k redukci a optimalizaci tělesného složení.

Atkinsova dieta staví na několika fázích, konkrétně na čtyřech, které jednak adaptují tělo na nový způsob stravování, ale především mají z úkol udržitelnost takového stravovacího plánu i do budoucna. Především 1. fáze je velmi náročná a stala se východiskem pro srovnání s ketodietou. Je zajímavé, že mnoho jedinců zůstává v různých fázích dle toho, jak jim příslušný jídelníček vyhovuje. Atkinsova dieta nabízí ale obrovskou výhodu, která plyne z výše uvedeného a zároveň je důvodem, proč ji tolik lidí v různých interpretacích následuje – žádné počítání kalorií a jednoduchá tvorba jídelníčku (Atkins, 2000).

Zajímavá je v současnosti variace na Atkinsovu dietu, které se jinak říká Atkins pro vegetariány a vegany, či zkráceně Eco-Atkins. Velmi zjednodušeně nabízí tato dieta stejné složení diety (a stejné výsledky), ale živočišný protein je nahrazen proteinem rostlinným – primárně výrobky ze sóji, zeleniny, cereálií atd. Velmi vhodné je dietu doplňovat rostlinnými oleji – olivovým, avokádovým či jinými. Tato dietní varianta slibuje mimo optimalizaci tělesného složení i snížení LDL frakce cholesterolu (Jenkins et al., 2009).

No Carb dieta/ Zero carb dieta

Dieta s nulovým podílem sacharidů ve stravě je striktnější variantou Keto diety, jelikož nepřipouští žádné množství sacharidů, respektive zastánci této diety poukazují na fakt, že je potřeba sacharidy omezit tolik, kolik to je jen možné. Tato situace připomíná situace v minulosti, kdy byl takto ostrakizován tuk ve všech jeho formách, bez rozdílu pozitivního či negativního vlivu na zdraví (Streit, 2019).

Středozevní dieta Low carb

Tradiční stravovací zvyklosti zemí obklopující Středozevní moře obohacené o myšlenky nízkosacharidového stravování. Středozevní dieta jakožto etalon zdravého stravování.

Složení jídelníčku je obecně známé – z živočišných produktů jsou preferovány ryby a mořské plody, olivový olej, ovoce a zelenina, ořechy, menší množství mléčných výrobků, bylinky, koření, ale třeba i červené víno. Nelze však opomíjet obecně jiný přístup k životu, sociální aspekt společného stravování a vyšší míru pohybových aktivit (Willett et al., 1995; Shai et al., 2008).

Přínos LC je v omezení pečiva, brambor, zpracovaných cereálií či rýže a nahrazení jich luštěninami, hnědou rýží aj. Samozřejmostí je omezení zřejmého cukru v podobě obvyklých dezertů či sladkých limonád. Naopak LC vnáší do Středozevní diety více druhů živočišných proteinů a poukazuje na fakt, že mléčné výrobky mohou mít velký efekt na snížení srdečním onemocnění. Zajímavostí je jistě doporučení octu, jakožto produktu, který pomáhá redukovat váhu a viscerální tuk, dále pak zlepšuje inzulínovou senzitivitu (Johnston et al., 2010; Kondo et al., 2014).

Dieta „Bullet proof“

Pod označením „Bullet proof“ dieta se skrývá v podstatě verze Ketogenní diety. Jedná se o Cyklickou ketogenní dietu. Dave Asprey zveřejnil v roce 2014 nosné pilíře této diety, které jsou mimochodem již delší dobu známy a sportovci její mechanismus s různými úspěchy využívají. Základem je 5-6 dní udržovat ketogenní dietu (sacharidy do 5 % CEP) a poté 1-2 zařadit sacharidovou superkompenzaci. Poměr zbylých makroživin v ketozní dietě je 75 % tuky a 20 % bílkoviny. V sacharidové superkompenzaci se naopak doporučuje navýšit množství sacharidů až na 300 g /den. Neopomenutelným základem takové diety podle Aspreye je Bullet proof káva – káva mixovaná s nesoleným máslem a MCT tuky (často řešeno kokosovým tukem...). Posledním doplňkem diety je občasný, plánovaný přerušovaný půst, který dle Aspreye dodává stabilní příval energie (Patterson & Sears, 2017).

Dukanova dieta

Autorem této diety je francouzský lékař Pierre Dukan. Hlavním pravidlem této diety je rozdělení potravin na dvě základní, se kterými si jedinec musí vystačit. Jsou to jednak bílkoviny a jednak zelenina. Potraviny obsahující tuky a sacharidy je nutné omezit. Dieta je velmi oblíbená pro svou jednoduchost, ale především proto, že se člověk nemusí omezovat

ani množstvím jídla, ani dobou ve které daný pokrm požít. Dukanova dieta obsahuje 4 fáze. První dvě fáze jsou krátké a mají za úkol rychlou redukci váhy. Druhé dvě fáze stabilizují nabytou hmotnost bez nechtěného jo-jo efektu (Dukan, 2012).

Tab. 2 Dukanova dieta (vlastní zpracování dle „The Dukan diet“ (Dukan, 2012))

Fáze	Ofenzivní/ Útočná fáze	Rovnoměrná ztráta/ Střídavá fáze	Konsolidace/ Upevňující fáze	Definitivní stabilizace
Výběr z	68 druhů bílkovin	navíc 32 druhů zeleniny	navíc ovoce, škrobovitě potraviny, celozrnný chléb a sýry	zahrnuje všechny druhy jídel
Očekávaná redukce	od 1–4 kg během této fáze	průměrně 1 kg týdně		
Doba trvání	2-7 dnů	přibližně 3 dny na každých 0,5 kg váhy	přibližně 5 dní na každých 0,5 kg redukovaných v předchozí fázi	celoživotně
Množství ovesných otrub (1 lžíce denně)	1,50	2	2,5	3
Doba trvání pohybové aktivity	20 min	30 min	25 min	20 min

1. Útočná – trvá v rozmezí 2-7 dní, V tomto období je výběr potravin omezen pouze na bílkovinné zdroje. Lze si vybrat z 68 rozličných zdrojů. Povinností je denní příjem 1,5 polévkové lžíce ovesných otrub (vláknina), vypít 1,5-2 litry vody a alespoň 20 minut pohybové aktivity.

2. Výletní fáze – rovnoměrná ztráta, přidáváme 32 druhů zeleniny, cílem je reálná, finální váha. V této chvíli má člověk na výběr ze 100 zdrojů, se kterými vytváří svůj jídelníček. Střídají se dny čistě proteinové a kombinované se zeleninou. Délka této fáze je silně individuální a lze vycházet z jednoduchého výpočtu, kdy každé 3 dny v této fázi bychom měli redukovat přibližně 0,5 kg. Ve chvíli, kdy se člověk dostane na cílovou hmotnost, přechází do další fáze.
3. Konsolidační – fáze preventivní, kdy se nesmí dostavit jo-jo efekt. Velmi náročná fáze, neboť po 2. fázi má tělo tendenci se vracet na původní váhu. Do jídelníčku pomalu vracíme původně zakázaná/ omezená jídla, ale v omezeném množství a povolujeme je jako 2x „slavnostní“ jídla týdně. Délka této fáze odpovídá přísnému časovému plánu – 5 dní za každých zredukovaných 0,5 kg. V rámci týdne musí být jeden den čistě proteinový, jako tomu bylo ve fázi útočné.
4. Stabilizační – je fází v podstatě celoživotní. Existují zde 3 jednoduchá pravidla, která mají jedinci pomoci udržet dosaženou váhu: a) 3 polévkové lžíce otrub denně b) chodit minimálně 20 minut denně a pokud to lze, chodit vždy do schodů c) každý čtvrtek zařazovat čistě proteinový den, jako tomu bylo ve fázi útočné (Dukan, 2012).

Stillmanova dieta

V roce 1967, čili 5 let před Atkinsem vychází kniha „*The doctor's quick weight loss diet*“, která představuje v té době nový typ diety, který omezuje sacharidy a naopak ve svém složení preferuje živočišné zdroje bílkovin a tuku (ty jsou ovšem také omezovány na 5-15 % CEP). Stejně jako ketogenní diety, i zde nastává nutná produkce ketonů. Stillman doporučuje jíst 6x denně v menších porcích a je zajímavé, že nezakazuje nekalorické sladké nápoje, nicméně jen v závislosti na předešlé konzumaci vody (alespoň 1,5l). S touto dietou se bohužel pojí i úmrtí Karen Carpenterové, jakož i komplikace spojené s onemocněním Anorexia nervosa. Stillmanova dieta byla mnohými lékaři odmítána pro komplikace s touto dietou spojené: vyšší stupeň diurézy, únava, mdloby, vyčerpání a z dlouhodobého hlediska deficit mikroživin a nárůst LDL frakce cholesterolu. Obecně se Stillmanova dieta považuje za první vyloženě nízkosacharidovou dietu a je zajímavé, že pohybová aktivita zde není podstatná a Stillman se o ní nijak nezmiňuje (Stillman & Baker, 2011).

Dieta „South Beach“

Přibližně v polovině devadesátých let 20. století, kardiolog Arthur Agatson představil dietu South Beach. Vycházel z populární Atkinsovy diety, nicméně jako kardiologu se mu příliš nelíbil benevolentní přístup k nasyceným tukům a zároveň restrikce všech sacharidů, včetně těch obsahujících vlákninu (ovoce a celozrnné produkty). Proto se ve své myšlence soustředil na produkty, jež mají nízký glykemický index, libové proteiny a nenasycené tuky. V roce 2003 spatřila světlo světa kniha „*The South Beach Diet*“, která se záhy stala celosvětovým bestsellerem. V roce 2009 poté přichází aktualizovaná verze s obdobným úspěchem.

Specifika této diety spočívají ve třech fázích, z nichž první dvě jsou zodpovědné za redukci hmotnosti a poslední třetí je udržující. Samozřejmostí je doplnit tento dietní program vhodným pohybovým režimem.

- Fáze 1 – trvá 14 dní, je velmi striktní a omezuje veškeré vysokosacharidové potraviny s cílem snížit krevní cukr, stabilizovat pocity hladu a omezit chutě. Očekávaná redukce je v rozmezí 3,5-6 kg týdně. V tomto období jsou vypsána 3 jídla denně, složená z libového masa, neškrobovité zeleniny, nenasycených tuků a luštěnin. Navíc jsou povinné dvě svačiny, ideálně složené z masa a zeleniny.
- Fáze 2 – podobně jako u Atkinse tato fáze trvá individuálně dlouho, neboť je odvislá od cílové hmotnosti, kterou chce jedinec dosáhnout. Rychlost redukce lze průměrně očekávat v rozmezí 0,5-1 kg týdně. Výběr pokrmů z fáze 1 je doplněn o omezenou porci ovoce a celozrnných výrobků.
- Fáze 3 – jakmile člověk ukončí fázi 2, čímž se tedy dostal na svou cílovou hmotnost, je výběr potravin širší verzí fáze 2 a lze občas zařadit i nepředepsané potraviny. Pokud by člověk začal opětovně přibírat, Dr. Agatson doporučuje vrátit se na 12 týdnů do fáze 1, než se opětovně vrátíme k celoživotní fázi 3 (Spritzler, 2017).

Dieta „The Whole 30“

Melissa Hartwig v roce 2009 představuje, spíše než dietu, určitý program, který měl od základů změnit zdravotní a emocionální život každého jedince. Za „celých 30 dní“ měl být náš metabolismus resetován a náš vztah k jídlu vylepšen. Tato 30denní výzva je postavena na myšlence, že existují určité skupiny potravin, které je nutné z našeho jídelníčku vyřadit. Dalo by se říci, že motivací lidí, kteří následují tuto změnu jídelníčku je několik-od redukce hmotnosti, přes zlepšení zdravotního stavu až po identifikaci potravinových alergií a intolerancí (Petre, 2017).

Myšlenka je velmi jednoduchá. Dodržet 30 dní přísná pravidla, která některé potraviny vyřazuje a naopak jiné, možná i méně známé či užívané doplňuje. Existuje několik nepsaných pravidel, která je také nutno dodržovat – nekouřit po celou dobu programu, nevážit se (povoleno je to pouze první a poslední den programu). Po dokončení 30 denní fáze přichází fáze druhá, která je známá nejen nutričním terapeutům při zjišťování případných potravinových alergií/ nesnášenlivosti – každých 5 dní je do jídelníčku zařazována jedna skupina potravin a zjišťuje se reakce na danou skupinu potravin. Pokud se nic následujících 5 dní neděje, je možné zařadit další potravinu, která by mohla potencionálně způsobovat problémy. Není samozřejmě nutné zkoušet veškeré dostupné potraviny, je možné vynechat ty, které by člověk beztak nejedl a nepostrádá je (Petre, 2017).

Zónová dieta

Zónová dieta je jednoduše nejbohatší na obsah sacharidů v denním jídelníčku, nicméně lze ji zařadit i pod LC diety. Poměr jednotlivých živin, sacharidy: proteiny: tuky, je 40: 30: 30. Výběr sacharidů je volen jen na ty s nízkým glykemickým indexem, bílkoviny ideálně živočišného původu a libové, tuky převážně mononenasycené. Se Zónovou dietou přichází před více jak 30 lety Dr. Barry Sears. V roce 1995 vychází kniha „*The Zone*“ (česky „*Vstupte do zóny*“), která shrnuje hlavní principy této diety a lze ji dodržovat celoživotně (Sears, 1997).

Zónová dieta obsahuje podobně jako Středozevní dieta, základní a průmyslově nezpracované potraviny, nerafinované a přidané sacharidy a doporučovanou tekutinou je čistá voda. Dr. Sears doporučuje, aby si každý udělal krevní testy a zjistil 3 základní

ukazatele, které určí, zda člověk je či není v „Zóně“ tzn. ve stavu kdy tělo optimálně kontroluje zánět v těle, který je příčinou všech obtíží. Zónová dieta doporučuje i suplementy, především omega-3 mastné kyseliny a různé suplementy na bázi polyfenolů (Sears, 1997).

1. Poměr TG a HDL – vyjadřuje vzájemný poměr mezi triglyceridy a HDL cholesterolem. Čím nižší poměr (ideálně pod 1), tím nižší riziko srdečních onemocnění.
2. Poměr omega-3 a 6 mastných kyselin – čím vyšší poměr ve prospěch omega 3 MK, tím lépe pro naše zdraví, neboť omega 3 MK působí protizánětlivě. Dalším benefitem je nižší riziko depresí, obesity a dalších chronických onemocnění.
3. HbA1c (Glykovaný hemoglobin) – hladina glykovaného hemoglobinu odráží koncentraci glukózy v krvi po dobu přibližně 120 dní (doba existence erytrocytu). Poukazuje na případnou kompenzaci či riziko vzniku diabetu (Silbernagel & Despopoulos, 2004).

V západním světě patří mezi nejoblíbenější diety. Za jejím úspěchem stojí především velká popularita a propagace světových mediálních hvězd (Raman, 2017).

Dieta „The Slow Carb“

V roce 2010, autor populární publikace „Čtyřhodinové tělo“, Timothy Ferriss představuje svou myšlenku diety The Slow carb. Základ této diety sdílí s keto dietou, čili je zde velmi nízký příjem sacharidů. Šest dní v týdnu jí člověk 4 jídla denně z povolených skupin potravin (živočišný protein, zelenina, luštěniny, tuky a koření), které by měly být mezi sebou kombinovány. Sedmý den je povoleno konzumovat vše. Neopomenout nelze pět pevných pravidel (Ferriss, 2012).

- vyhnout se bílému cukru – nejen sacharóze, ale především veškerým zpracovaným potravinám z bílé mouky – těstoviny, chléb a pečivo, ovesné vločky. Povolенý příjem těchto potravin mají pouze siloví sportovci a to jen do 30 minut od konce tréninku,
- každý den kombinovat pouze potraviny z povolených skupin,
- „nepít kalorie“ – doporučována je ideálně čistá vody, případně neochucený čaj či káva,
- nejíst ovoce – ovoce není vhodné, pokud chceme redukovat tělesnou hmotnost,

- jeden den odpočinek od diety – v jednom dni lze konzumovat cokoliv chceme (Ferriss, 2012; Semeco, 2017).

Dieta Carnivore

Dieta Carnivore je založená na konzumaci pouze živočišných produktů – masa, ryb, vajec či mléčných produktů. Jiné potraviny nejsou povoleny. Dokonce i mléčné produkty jsou vybírány dle množství obsahu laktózy, jakožto mléčného cukru. Jistou zajímavostí je i omezení pití čaje a kávy, jejichž zdrojem jsou rostliny... Dieta nestanovuje žádné minimální či maximální množství živočišných produktů, vše je odvislé od individuální preference, chuti či potřeby. Efekt redukce hmotnosti je zde zajištěn díky tomu, že člověk při takto omezeném jídelníčku, navíc s obsahem vysoce sytících potravin, nemá velkou chuť jíst velké množství jídel denně, čímž paradoxně omezuje svůj energetický příjem. Ve výsledku je tento příjem nižší než výdej a člověk snáze hubne. Pro svůj velmi výrazný restriktivní efekt, nelze tuto dietu vnímat jako celoživotní úpravu stravovacích zvyklostí (Streit, 2019).

Kwasniewskeho dieta

„*Optimální dieta*“ polského lékaře Jana Kwaśniewskeho je ve svých principech velmi obdobným případem diety Atkinsovy, je vlastně její modifikací. Jako optimální považuje její autor poměr makroživin 1g: 2,5-3,5g: 0,5g/ kg TH (bílkoviny: tuky: sacharidy). Základem jsou opětovně tuky, především ty živočišné. Nejdůležitější výhodou u této diety, stejně jako např. u diety Atkinse, je rychlý úbytek tělesné váhy kombinovaný se snížením apetitu, snížení koncentrace glukózy v krvi a v neposlední řadě velmi jednoduchý výběr potravin a tím velmi snadná příprava pokrmů (Kwaśniewski & Chyliński, 2011).

V roce 1997 byla v Polsku shledána jako nebezpečná, především z důvodu nedostatečného příjmu mikronutrientů, nadměrného příjmu nasycených mastných kyselin, vitamínu A, fosforu a soli a z toho plynoucích důsledků jako např. zácpa, dehydratace, zhoršení stavu ledvin a jater či ateroskleróza.

Diety založené na přerušovaném příjmu („Intermittent fasting diet“)

Diety založené na přerušovaném příjmu, či se lze setkat i s označením „přerušovaný půst“ či hladovění, jsou charakteristické určitým obdobím, po které jedinec nepřijímá žádné jídlo

a poté naopak obdobím neomezeného příjmu. I v těchto specifických dietních režimech je sacharidová složka výrazně omezována. Nejvíce zkoumanými typy jsou diety, kdy dva po sobě jdoucí dny je přijímaná energie omezena, dále pak omezení stravy o 60–70 % CEP a v neposlední řadě přerušovaný půst (Brinia et al., 2018).

V současné době se pozornosti výzkumů dostává i přerušovaný příjem energie. Nicméně prozatím vzniklo nepříliš mnoho studií a ty které vznikly, byly spíše krátkodobé, do 6 měsíců. Vzhledem k pozornosti, kterou věnuje obecná populace různým variantám půstu, je vhodné se zaměřit na její zdravotní dopady a dlouhodobou udržitelnost. Tyto poznatky v klinických studiích prozatím chybí, a tak se názory na prospěšnost takových dietních režimů rozcházejí. Cerqueira se svým týmem (2011) ve své studii uvádí fakt, že jakékoliv formy půstů či hladovění vedou sice k redukci hmotnosti, bohužel však neredukují tukovou tkáň v dutině břišní. Navíc se ukazuje, že při dlouhodobém přerušovaném půstu dochází k poruše glukozové tolerance.

1.5 Efekty nízkosacharidových dietních režimů na sportovní výkon a na tělesné složení jedince

Drtivá většina studií, které se věnují nízkosacharidovým dietám, zkoumá především obecné nízkosacharidové diety se sníženým obsahem sacharidů okolo 40 % CEP, případně poté subtyp nízkosacharidových diet, ketogenní dietu.

Objektem mnoha vědeckých studií, zabývajících se nízkosacharidovými režimy, jsou nemocní lidé, kteří věří, že právě touto dietoulepší především lipidový profil alepší kontrolu glykémie (Feinman & Volek, 2006; Wood et al., 2006). Stejně tak je převážná část studií nízkosacharidových diet věnována obézním či lidem s nadváhou, kteří jsou určitým způsobem zapojeni do redukčního programu. (Hall et al., 2016). Doporučení, která jsou obecně přijímána, pak přímo jasně poukazují na spojitost příjmu zpracovaných potravin a (nejen) sladkých nápojů s progresí diabetu (Wheeler et al., 2012; American Diabetes Association, 2002). Dle některých studií jsou velmi vhodnou strategií, jak nutričně bojovat a kompenzovat metabolická onemocnění (potažmo stabilizovat a udržovat optimální tělesnou hmotnost), především tyto diety: nízkosacharidové, nízkotukové (tradiční

vysokosacharidová dieta) a Středozevní dieta, typicky se střední hodnotou příjmu sacharidů ve stravě (American Diabetes Association, 2007).

Další oblastí zkoumání, která je pro tuto práci zásadní, je oblast vlivu nízkosacharidových diet na výkon sportovce.

Standardní cesta vedoucí přes kalorickou restrikcí tuků (typické nízkotučné diety), klasické redukční diety či u sportovců běžnější sacharidové vlny (různé dávkování sacharidů v každém dni) jsou velmi populárním nástrojem. Jejich podstatou, jako u všech jim podobných diet, je především vytvoření energetického deficitu. U sacharidových vln je navíc dodávka této energie nestálá, čímž nedochází v organismu postupem času k nežádoucí adaptaci. Nízkosacharidové režimy přichází s „novinkou“ ve formě omezení sacharidů, a naopak kompenzují chybějící energii přebytkem tuku ve stravě (Burke et al., 2007).

Předmětem našeho zkoumání je vliv takového dietního omezení na složení těla a konkrétní sportovní výkon. Mimo tuto oblast, autoři studií podrobují zkoumání vlivu na lipidový profil, kardiorespirační výkon, hormonální změny, životní pohodu člověka aj. Ve velké převaze jsou takové studie provedeny na mužích.

1.5.1 Účinky nízkosacharidových diet na sportovní výkon

Výběr stravy pro optimální fyzickou výkonnost závisí podle Brownové (2002) na několika faktorech:

1. typ a délka pohybové aktivity,
2. celkový energetický výdej,
3. čas na zotavení,
4. stravovací preference sportovce,
5. sportovní událost s/ bez pomoci (sportovci jsou nuceni přepravovat jídlo).

Devět studií (viz. Tab 3) nepotvrdilo žádné zlepšení sportovního výkonu, ať už na úrovni silového či vytrvalostního výkonu či jejich metabolického předpokladu. Skupina autorů okolo Phinneyho (1983) po aplikaci ketogenní diety u 5 cyklistů a v délce trvání více jak 28 dnů, nezjistila žádnou výraznou změnu ve vytrvalostním výkonu těchto cyklistů. Obecnou snahou dalších výzkumů bylo prokázat zvýšení oxidace tuku, které by mělo logicky nastat současně se snížením aktivity svalové glykogenolýzy během prodlouženého

submaximálního výkonu. Ušetření zásob svalového glykogenu by se mohlo stát významnou výhodou v rozhodujících okamžicích závodu. Naproti tomu v jedné z prvních studií Phinneyho s kolektivem (1980) měla strava s nízkým obsahem sacharidů pozitivní vliv na vytrvalostní výkon u středně obézních pacientů. Tito pacienti navíc významně snížili svou tělesnou hmotnost a a objem tělesného tuku.

Maximální oxidace tuku je dosaženo vrámci výkonu se střední intenzitou odpovídající rozmezí 59-64 % VO_{2max} u vytrvalostně trénovaných sportovců. U běžné populace jsou tyto hodnoty nižší, na úrovni 47-52 % VO_{2max} . Se zvyšující se intenzitou zátěže, potažmo hodnotami VO_{2max} se oxidace tuku signifikantně snižuje a nad hranicí 90 % VO_{2max} je víceméně nulová (Achten & Jeukendrup, 2004).

Hawley s kolektivem (1998) během 7-10 dnů neprokázali, vlivem vysokotukové diety složené ze 60-70 % tuku a 15-20 % sacharidů, u vytrvalců žádné zlepšení dlouhodobého výkonu v intenzitách okolo 60 % VO_{2max} . Dokonce ani přímá suplementace MCT (triacylglyceroly se středně dlouhým řetězcem) neměla žádoucí účinek. K obdobným výsledkům dospěli následně se svými kolegy i Miller s Wolfem, Burkeová, Vogt či Zhender (1999, 2002, 2003, 2006), kteří testovali vliv omezení sacharidů ve stravě u sportovců s na úrovni intenzity kolem 65 % VO_{2max} . Jednotlivé studie se lišily především v době trvání diety, od velmi krátkých 1,5 dne (Zehnder et al., 2006) až po 35 dní (Vogt et al., 2003), ale sportovní výkon se vlivem diet nezlepšil. Obdobně Paoli et al., Sawyer et al. a Waldman et al. (2012, 2013, 2018) testovali vliv ketogenní diety na silový výkon. Probandy jejich výzkumů tvořili gymnasté (Paoli et al., 2012), či přímo sportovci věnující se odporovému tréninku (Sawyer et al., 2013; Waldman et al., 2018). Délka experimentu se pohybovala od 7 do 30 dní, avšak bez pozitivního účinku ketogenní diety na silový výkon.

Tab. 3 Nízkosacharidové/ ketogenní diety bez efektu na sportovní výkon (Zdroj: autor)

Žádný účinek nízkosacharidové diety na sportovní výkon					
č.	autor	rok	probandi	dny	výkon
1	Phinney et al.	1983	5 cyklistů	>28	žádná významná změna ↔
2	Hawley et al.	1998	vytrvalci	10	intenzita 60 % VO_{2max} ↔
3	Miller & Wolfe	1999	vytrvalci	N/A	intenzita 65 % VO_{2max} ↔
4	Burke et al.	2002	8 sportovců	5	intenzita 70 % VO_{2max} ↔
5	Vogt et al.	2003	11 duatlon	35	intenzita střední až vysoká
6	Zehnder et al.	2006	11 vytrvalců	1,5	20 km časovka ↔
7	Paoli et al.	2012	8 gymnastů	30	silový výkon ↔
8	Sawyer et al.	2013	31 trénovaných	7	silový výkon ↔
9	Waldman et al.	2018	11 silových sportovců	15	žádná významná změna ↔

Autoři několika studií (Tab 4) zjistili, že po aplikaci diety výrazně omezující sacharidy, došlo ke zhoršení nejen u vytrvalostních a silových sportovců, ale i u probandů, kteří začali cíleně dodržovat tréninkový plán novým dietním režimem. Autoři studií Maughan a Miller s Wolfem (1997, 1999) poukázali na fakt, že v prvním týdnu adaptace organismu na high-fat dietu, dochází k přechodnému, ale výraznému zhoršení výkonu o 10-30 %. Po 3-4 týdnech se výkony vrací k původním nebo téměř původním výkonům než před započítáním restrikce sacharidů. Burkeová ve svých review (2002, 2015) tyto výsledky potvrdila a dokonce pokládá taková dietní omezení, při intenzitách nad 80 % VO_{2max} , za škodlivá. Aktuálně stejný tým okolo Burkeové potvrdil dřívější výsledky (Burke et al., 2020).

Mujika (2019) zkoumal vliv nízkosacharidové diety u triatlonisty delších tratí. Výsledkem 21týdenní intervence jsou výrazně zhoršené výsledky výkonů v soutěžích v polovičním Ironmanu a Ironmanu, jež měly negativní dopad i na subjektivní pohodu sportovce.

Tab. 4 Nízkosacharidové/ ketogenní diety s negativním vlivem na sportovní výkon (Zdroj: autor)

Zhoršený sportovní výkon vlivem nízkosacharidové diety					
č.	autor	rok	probandi	dny	výkon
1	Maughan et al.	1997	kolo, posilování	3-4	↓o 10-30 % kolo, ↓odporový trénink
2	Miller & Wolfe	1999	posilování	N/A	↓odporový trénink
3	Fleming et al.	2003	20 sportovců	42	↓vytrvalost i silový výkon
4	Burke et al.	2004	obecně sportovci	>28	↓ vytrvalost i silový výkon
5	Burke	2015	obecně sportovci	>28	↓ vytrvalost i silový výkon
6	Escobar et al.	2016	18 crossfit	>28	↓ silová vytrvalost
7	Urbain	2017	42 vytrvalci	>42	↓vytrvalost i silový výkon
8	Zinn et al.	2017	5 vytrvalců	>70	↓ kolo/ běh
9	Burke et al.	2017	review	review	↓>80 % VO _{2max}
10	Mujika	2019	triathlon	21 týdnů	↓ historicky nejhorší výkony

Zlepšený výkon vlivem nízkosacharidové diety prokázali pouze 4 autoři (Lambert et al., 2001; Rhyu & Cho, 2014; Volek et al., 2016; Webster et al., 2018). Avšak zlepšení výkonu v časovce u testovaných cyklistů došlo, když po desetidenní aplikaci vysokotukové diety zařadil Lambert (2001) tři dny vysokosacharidové diety (až 70 % sacharidů ve stravě), poté své probandy po cyklistickém výkonu trvajícím 150 min při 70 % VO_{2max} testoval v časovce na 20 km. Navíc aplikoval hodinu před samotným výkonem 400 ml MCT a v průběhu výkonu ještě 600 ml MCT v kombinaci se sacharidy.

Rhyu a Cho (2014) zkoumali rozdíl ketogenní diety a standardní vysokosacharidové diety u 20 teakwondistů ze středních škol. Obě skupiny dodržovaly dietu po dobu 3 týdnů. Kromě mnoha dalších testů Rhyu a Cho testovali faktory fitness (2km běh, Wingate test, síla úchopu, síla svalů zad, sed-lehy, 100 m sprint, skok daleký z místa a stoj na jedné noze). Zjistili zlepšení v běhu na 2 km a ve Wingate testu u keto-skupiny, která dosáhla lepších výkonů a cítila se méně vyčerpaně. V ostatních ukazatelích dosáhly obě skupiny srovnatelných výsledků.

Webster se členy svého týmu (2018) naopak aplikovali dietu s omezením sacharidů u výkonnostního triatleta po dobu 4 týdnů (během tréninků pouze voda) a dále 3 týdny, kdy v tréninku přidávali 60 g sacharidů za hodinu. Poměrně komplexní testování spočívalo ve sprintu na 30 s, sprintu po dobu 4 minuty, v časovce na 20 km a časovce na 100 km. Ve srovnání s LCHF se doba v časovce na 20 km zlepšila po LCHF s přidáním sacharidů o 2,8 %, což by znamenalo velký rozdíl v konkurenci. Výkon ve 30 s sprintu se nezměnil, k malému zlepšení (o 1,6 %) došlo ve 4minutovém sprinterském výkonu a malému zhoršení (o 1,1 %) v časovce na 100 km. Autoři dospěli k závěru, že přidání sacharidů během výkonu bylo pro tohoto sportovce zvyklého na vysokotukovou dietu prospěšné pro výkon v trvání 4 až 30 minut. Tato strategie nebyla však výhodná pro 30 s sprint ani pro dlouhodobý vytrvalostní výkon.

Tab. 5 Nízkosacharidové/ ketogenní diety s pozitivním vlivem na sportovní výkon (Zdroj: autor)

Zlepšený sportovní výkon vlivem nízkosacharidové diety					
č.	autor	rok	probandi	dny	výkon
1	Lambert et al.	2001	5 cyklistů	10+3 (CKD)	↑ výkon, ↓ čas 20 km
2	Rhyu & Cho	2014	10 teakwondo	3 týdny	↑ výkon na 2km, ↑ Wingate
3	Volek et al.	2016	sportovci	3-4 týdny	↑ výkon vytrvalci
4	Webster et al.	2018	vytrvalci	4+ 3 týdny (TKD)	↑ výkon mezi 4-30 min.

Shrneme-li doposud vydané studie, které se vlivem omezení sacharidů ve stravě u sportovců zabývají, poté lze obecně říci, že strategie příjmu sacharidů je v určitém sportu a zatížení obvykle výhodnější než významné omezení sacharidů (Hawley & Leckey, 2015).

Bailey a Hennesy (2020) přezkoumali ve své rešerši dostupná data o vlivu ketogenní stravy na vytrvalost u sportovců. Do své analýzy zahrnuli sedm studií a dospěli k závěru, že omezené a heterogenní nálezy nevedou k jasným závěrům a bylo by vhodné se i nadále věnovat a zpřesňovat metodiku zkoumání.

Cyklisté LCHF nekompenzovali sníženou dostupnost sacharidů v potravě zvýšením syntézy glukózy během cvičení, ale spíše se přizpůsobili změnou metabolismu využití substrátů (Webster et al., 2016).

Několik významných studií předkládá pozitivní vliv na zvýšenou oxidaci tuku a sníženou oxidaci sacharidů a zároveň poukazují na schopnost udržení normální hladiny svalového glykogenu, což by právě u vytrvalostních sportovců mělo poskytnout výhodu při konkrétním sportovním výkonu, především v rámci zvyšující se intenzity výkonu v době např. sprintu v (nejen) závěrečných fázích závodu. Mnohdy však tato zjištění nevedou automaticky ke zlepšenému výkonu, ale spíše jen předpokládanému účinku, navíc neberou v potaz měnící se podmínky závodu, ale spíše konstantní tempo, na což samotní autoři upozorňují (Langfort et al., 1996; Volek et al., 2016).

U sportů, kde energetická potřeba je pokryta makroergními fosfáty či oxidací glukózy (silový sport, sprint), má význam zvýšené oxidace tuku, jakožto primárního energetického paliva, neopodstatněný. Na druhou stranu ve sportech, kde mnohdy dochází k opakovaným sprintům (fotbal, rugby, hokej), může být zvýšená oxidace tuků opodstatněná a pomáhá krýt energetické nároky organismu a tím vede prodlouženému výkonu, potažmo pozdějšímu nástupu únavy (Spencer et al., 2005; Brown et al., 2007).

1.5.2 Účinky nízkosacharidových diet na složení těla

Dosáhnout optimalizace tělesného složení, případně řešení nadváhy, potažmo obezity lze především odlišným kalorickým objemem či změnou kompozice makronutrientů. To jsou hlavní dva proudy, kterými vědecké studie zkoumají efekt dílčích dietních režimů. Nelze ovšem zapomínat na jejich efektivnost (jak rychle, jakým způsobem), ale také zda jsou

bezpečné a zdraví prospěšné, či alespoň udržitelné. Díky tomu je nutné mnoho z dnes doporučovaných diet odmítnout, neboť mohou přímo jedince poškodit. Dalším problémem vědeckých studií v této oblasti je délka, po kterou přímo sledují efekt předloženého dietního režimu. Mnohdy se ukazuje, že rychlý úbytek tělesné hmotnosti je přímo úměrně spojen s omezením sacharidů ve stravě, které váží vodu. Díky tomu jejich absence může na první pohled působit jako úspěšná strategie, ale ve chvíli návratu k racionální stravě, může a ve většině případů opravdu nastává, návrat k původní váze (Astrup et al., 2004). Obecně lze konstatovat, že obecnými principy optimální diety jsou:

- Bezpečnost
- Účinnost
- Prospěšnost zdraví
- Odpovídající kultuře
- Ekonomická obhájitelnost
- Dlouhodobá udržitelnost (Koliaki et al., 2018)

Nastavení realistických cílů a individuálních potřeb jedince jsou poté klíčovými vlastnostmi, které usnadní dodržování jakékoliv diety. U obézních je potřeba brát navíc v potaz ještě celková kardiovaskulární omezení či jiné přidružené komplikace (Koliaki et al., 2018).

Většina provedených studií se shoduje v pozitivním efektu nízkosacharidových, respektive ketogenních diet na složení těla. Délka studií byla v rozmezí od 1 týdne (Stellingwerff et al., 2006) do 104 týdnů (Shai et al., 2008). Mnoho probandů bylo vybráno z aktivních sportovců (Fleming et al., 2003; Heatherly et al., 2018; McSwiney et al., 2018; McSwiney et al., 2019; Paoli et al., 2012; Sawyer et al., 2013; Stellingwerff et al., 2006; Yeo et al., 2011), v jiných studiích byli probandy pacienti (Bueno et al., 2013) či přímo obézní (Foster et al., 2003; Samaha et al., 2003; Brehm et al., 2003; Shai et al., 2008; Noakes et al., 2006; Hashimoto et al., 2016; Choi et al., 2020). U všech těchto studií se potvrdil pozitivní vliv omezení sacharidů ve stravě na snížení tělesné hmotnosti, díky významnému zvýšení oxidace tuků a zároveň snížení oxidace sacharidů. Noakes s kolektivem (2006) poukazují i na odlišnost v redukce svalové hmoty, která je vyšší u pacientů s obecně sníženým objemem sacharidů na rozdíl s dietou s vysokým podílem nenasycených tuků. Tým okolo Hashimota (2016) ve své rešerši dostupných studií od roku 2014, popisuje odlišný vliv nízkosacharidové a ketogenní

diety a poukazuje na významný efekt omezení sacharidů ve stravě pod 50 g, kdy u obézních dochází k výrazné redukci tukové tkáni. Nižší omezení sacharidů (okolo 40 % CEP) nemá významný vliv na redukci tukové tkáně.

Naudeová se svými kolegy (2014) porovnali výsledky 19 studií s počtem 320 probandů, jež se věnovaly porovnání účinků nízkosacharidových a redukčních diet. Ve shodě s jinými i pozdějšími pracemi dochází ke zjištění, že probandi redukovali svou tělesnou hmotnost velmi obdobně v časovém rozmezí 3-6 měsíců a kontrolou po 1-2 letech. V obou obdobích byl rozdíl mezi dietami minimální, jak v redukci hmotnosti, tak také změně BMI. Tuto informaci podporuje i základní fyziologický princip, že setrvalý energetický deficit má na redukci zásadní vliv. Oproti tomu rozličné poměry makronutrientů mají na redukci vliv spíše marginální. Z toho plyne jednoduché pravidlo. Zvažuje-li jedinec různorodé dietní strategie pro hubnutí, měl by uvažovat spíše oblast celkového snížení denní přijímané energie a méně uvažovat nad poměry makronutrientů. Samozřejmě obé přístupy je nutno brát v potaz, ale mnoho příznivců nízkosacharidových diet poukazuje právě na benefit sníženého množství sacharidů, jež je podle nich nástrojem redukce. Naopak stále se ukazuje, že pro dlouhodobý a udržitelný management tělesné hmotnosti je důležitý vyrovnaný příjem a výdej energie, ruku v ruce se zásadami racionální výživy.

Ketogenní diety jsou, zejména v krátkodobém horizontu, velmi účinným způsobem snižování tělesné hmotnosti nejen u fyzicky aktivních lidí, ale také u pacientů s obezitou, diabetem 2. typu a jinými chronickými chorobami životního stylu (Bazzano et al., 2014; Bolla et al., 2019).

Aktuální studie (Choi et al., 2020) shrnuje výsledky ($n = 14$) studií z období let 1994–2019 u pacientů s nadváhou a obézních. Tato meta-analýza potvrzuje, že u pacientů s ketogenní dietou je vyšší pravděpodobnost většího snížení tělesné hmotnosti ve srovnání s těmi, kteří užívají srovnávací dietu, nejčastěji s omezením tuků ve stravě.

Je však třeba poznamenat, že dlouhodobá udržitelnost a účinnost ketogenní stravy nejsou optimální a většina studií měla spíše omezené trvání (Brouns, 2018).

Autoři, kteří studovali efekt omezení sacharidů ve stravě na tělesné složení především u sportovců (Bazzano et al., 2014; Burke, 2015; Bueno et al., 2013; Escobar et al., 2016; Fleming et al., 2003; Maughan et al., 1997; Noakes & Windt, 2017) dospěli se svými týmy

ve svých studiích k jednoznačnému názoru, že v rámci omezení sacharidů ve stravě, se zdroje paliva mění z přednostní glukózy a postupně mastných kyselin na převážně mastné kyseliny a ketony, a že diety stanovující množství tuků a energie dle chuti (non-restricted, ad-libitum) vedou k redukci chutí, omezení přijímaného množství potravy a díky tomu ke snížení tělesné hmotnosti.

Tab. 6 Nízkosacharidové/ ketogenní diety a jejich vliv na složení těla (Zdroj: autor)

Nízkosacharidová dieta a tělesné složení					
č.	autor	rok	probandi	dobu	tělesné složení
1	Fleming et al.	2003	20 sportovců	6 týdnů	↓těl. hmotnost, ↑oxidace tuků
2	Foster et al.	2003	63 obézních	12 měsíců	↓těl. hmotnost
3	Samaha et al.	2003	132 obézních	6 měsíců	↓těl. hmotnost
4	Brehm et al.	2003	53 obézních žen	6 měsíců	↓těl. hmotnost
5	Stellingwerff et al.	2006	7 cyklistů	1 týden	↑oxidace tuků, ↓oxidace sacharidů
6	Nordmann et al.	2006	447 nadváha	24 týdnů	↓těl. hmotnost
7	Noakes et al.	2006	83 obézních	8 týdnů	↓těl. hmotnost, svalové hmoty
8	Westman et al.	2007	review	review	↓těl. hmotnost
9	Shai et al.	2008	322 obézních	104 týdnů	↓těl. hmotnost
10	Yeo et al.	2011	vytrvalci	2 týdny	↑oxidace tuků
11	Paoli et al.	2012	8 gymnastů	4 týdny	↓těl. hmotnost, ↓těl. tuk
12	Sawyer et al.	2013	31 sportovců	1 týden	↓těl. hmotnost
13	Bueno et al.	2013	1415 pacientů	>52 týdnů	↓těl. hmotnost
14	Bazzano et al.	2014	148 osob	>52 týdnů	↓těl. hmotnost

č.	autor	rok	probandi	doba	tělesné složení
15	Hashimoto et al.	2016	1416 obézních	2014-2016	↓těl. hmotnost, ↓těl. tuk
16	Zinn et al.	2017	5 vytrvalců	10 týdnů	↓těl. hmotnost
17	Noakes & Windt	2017	review	review	↓těl. hmotnost
18	Zinn et al.	2017	41 vojáků	12 týdnů	↓těl. hmotnost
19	Waldman et al.	2018	11 sportovců	15 dnů	↓těl. hmotnost
20	Heatherly et al.	2018	8 běžců	3 týdny	↓těl. hmotnost ↑oxidace tuků
21	Vargas et al.	2018	24 sil. trénink	8 týdnů	↓těl. hmotnost
22	Vargas-Molina et al.	2020	21 žen	8 týdnů	↓těl. hmotnost, ↓těl. tuk
23	Kysel et al.	2020	25 sportovců	8 týdnů	↓těl. hmotnost, ↓těl. tuk

Shai (2008) nastavil ketogenní dietu na 20 g sacharidů denně a neomezil kalorický, ani tukový příjem, Přesto v porovnání s nízkotukovou dietou či klasickou redukční dietou dosáhlo 322 obézních nejlepších výsledků a dochází u nich k nejprogresivnějšímu snížení tělesné hmotnosti. Shai dodává, že k největšímu úbytku dochází v prvních 6 měsících a poté již nastává období stabilizace, fáze udržovací.

Velmi zajímavou srovnávací studií v roce 2017, byla práce Antona s kolektivem. Anton (2017) v ní porovnává nejpopulárnější diety a jejich vliv na redukci váhy, bez specifických omezení přijímané energie, suplementů a především bez podpory jakéhokoliv pohybového režimu. Těmto výchozím předpokladům odpovídá a bylo podrobena 20 studií odlišných dietních protokolů (7 diet). Zajímavostí je jistě fakt, že nejčastěji zkoumanou dietou je Atkinsova dieta (celých 10 záznamů z 20) a poté si již jednotlivé diety rozdělují své zastoupení ve studiích v průměru 1-2x. V krátkodobém horizontu je Atkinsova dieta

nejefektivnější (do 6 měsíců), nicméně v dlouhodobém horizontu (od 1 roku) již rozdíly mezi dietami nejsou tak markantní.

Vargas s kolegy (2018) studovali po 8 týdnů skupinu 24 mužů v rámci odporového tréninku. Z výsledků jednoznačně vyplývá, že ketodieta je velmi vhodný nástroj redukce tukových zásob a jistě má své místo vedle klasické redukční diety či diety nízkotukové, nicméně nelze očekávat, že při tomto stylu stravování bude docházet k nárustu svalové hmoty ani za předpokladu pozitivní energetické bilance.

Perissiou a kolegové (2020) zjistili snížení svalové hmoty u pacientů s obezitou podstupujících cvičební program s dietou s nízkým obsahem sacharidů.

Relativně ojedinělou studií je studie Vargas-Molina (2020), která ketogenní dietu zkoumala na 21 trénovaných ženách, které podstoupily silový trénink. Výsledek nevybočuje z obecných závěrů většiny studií provedených na mužích a sice, že ženy redukovaly svou hmotnost především z tukové tkáně, zachovaly objem svalové hmoty, nicméně celý 8 týdenní cyklus se neukázal jako optimální vzhledem k jakémukoliv navýšení objemu svalové hmoty.

Aktuální studie, provedená na zdravých mladých mužích, podstupujících odporový a aerobní trénink poukazuje na fakt, že lze dosáhnout srovnatelné redukce hmotnosti pomocí ketogenní a nutričně vyvážené redukční diety. Ve skupině RD byla zaznamenána zlepšená svalová síla a vytrvalostní výkon ve srovnání s neutrálním účinkem CKD na tyto parametry. Kromě toho CKD také mírně snížila objem čisté svalové hmoty. Tato studie tedy poukazuje na fakt, že cyklická ketogenní redukční dieta účinně snižuje tělesnou hmotnost, ale není účinnou strategií pro zvýšení anaerobního nebo silového výkonu u zdravých mladých mužů (Kysel, 2020).

Aragon s kolegy (2017) shrnují základní informace ohledně efektu jednotlivých dietních strategií na tělesné složení:

1. Existuje obrovské množství dietních typů, každý má své specifické zákonitosti. V hlavní dietní strategii se vždy postupem času utváří větší či menší množství podtypů, jež mají hlavní rysy shodné.
2. Každá z dietních strategií má své limity a omezení

3. Diety, které jsou primárně zaměřeny na redukci tuku jsou vždy založeny na kalorické restrikci. Čím vyšší procento tukové tkáně má být redukováno, tím vyšší kalorická restrikce. Naopak nižší kalorická restrikce více ochraňuje čistou svalovou hmotu.
4. Diety zaměřené na zisk čisté svalové hmoty jsou charakterizovány trvalým kalorickým přebytkem, jež usnadňuje anabolické procesy a podporuje zvyšující se nároky na odporový (silový) trénink. Odlišnosti v množství a poměru přibírané tukové a svalové tkáně jsou v závislosti na typu tréninku, kompletnímu složení stravy a dalších nepomíjitelných charakteristikách.
5. Výsledek širokého rozpětí všech diet (od nízko-tukových až po nízko-sacharidových) je z dlouhodobého horizontu obdobný, co se týče tělesného složení.
6. Hodnota navýšení bílkovin ve stravě je odvislá od cílů jedince. Zvýšený příjem bílkovin v rozmezí 2,3-3,1g/ kg čisté svalové hmoty, má za cíl především ochranu svalové tkáně po čas dietního režimu s omezeným množstvím kalorií ve stravě. Hodnoty nad 3g/ kg a sytící a termický efekt bílkovin posiluje výše zmíněné předpoklady především u silových sportovců.
7. Srovnání nepřetržité kalorické restrikce a přerušované kalorické restrikce neukázaly žádný významnější rozdíl ve vztahu k tělesnému složení.
8. Stále je poměrně málo výzkumů o ženách a seniorech, stejně tak vlivu frekvence stravování a samozřejmě porovnání jednotlivých dietních přístupů s ohledem na preferovanou pohybovou aktivitu a změny v poměrech makroživin. Obecně oblast životního stylu a lidského chování jsou velmi špatně uchopitelné oblasti výzkumu.

Celkově lze říci, že diety s omezením sacharidů poskytují slibnou cestu v pomoci kontrolovat tělesnou hmotnost při udržení čisté svalové hmoty, především ve sportech spojených s hmotností sportovce.

Nízkosacharidové režimy se historicky staly velmi oblíbenými, mohou být alternativním nástrojem k redukčním dietám či nízkotukovým dietám a mohou zlepšit sportovní výkon a tělesné složení (Kaspar et al., 2019).

Prokazatelný je především vliv nízkosacharidových diet na tělesné složení, na němž se shodují takřka všechny studie. Nicméně stále je věcí především metodiky daného

výzkumu, do jaké míry je tento úbytek tukové tkáně trvalý, neboť v delším časovém horizontu se výsledky všech strategií sbližují a přibližně po 6 měsících jsou výsledky srovnatelné s ostatními přístupy. Vliv ketodiet a nízkosacharidových diet na sportovní výkony jsou rozporuplné a ukazuje se spíše, že jejich vliv není buď žádný anebo je dokonce negativní. U vytrvalců se asi po týdně tělo adaptuje na stravu bohatou na tuky a obecně oxidace tuků poskytuje dostatek energie ve formě intramuskulárních triacylglycerolů či volných mastných kyselin v plazmě. Teoreticky by tak mělo docházet k šetření svalového glykogenu jako nejcennějšího energetického zdroje pro sportovní výkon. Většina prací potvrdila, že zvýšená tuková oxidace nepokryje u vytrvalců ani u silových sportovců energetickou potřebu a vlivem nedostatečné konzumace sacharidů dojde k poklesu výkonnosti. Většina studií se shoduje v nutnosti dodržovat high-fat diet (HFD) 5 dní, následovanou 1-2 dny sacharidové superkompenzace před vytrvalostním sportovním výkonem (charakteristika CKD). Ketodiety mohou být aplikovány pouze při krátkodobých silových výkonech, kdy organismus čerpá energii především z fosfátového metabolismu (ATP, CP).

Při poklesu sportovního výkonu vlivem vysokotukových diet hraje negativní roli (kromě nízké glykemie), jednak pokles anabolického efektu inzulínu, jednak nedostatečný příjem bílkovin.

Problematika střevní mikrobioty v nízkosacharidových dietách, je v poslední době velmi zkoumaná, neboť poukazuje na možné důsledky nedostatečného příjmu prebiotik ve stravě (Fan et al., 2019; Paoli et al., 2019).

Závěr

Výzkumy v oblasti (Burke et al., 2017; Mujika 2019; Sherrier & Li, 2019; Kysel et al., 2020) aplikace nízkosachardových diet, ať už ve formě krátkého období před výkonem či ve formě dlouhodobé stravovací strategie, nevedou ve většině případů ke zlepšení vytrvalostního výkonu ani ke snížení spotřeby svalového glykogenu. Na druhou stranu jako strategie, mající za cíl redukci tuku, jsou nízkosacharidové diety účinné, nicméně nejvyšší účinnost je především v prvních 4 týdnech (Naude et al., 2014; Noakes & Windt, 2017; Anton, 2017). A konečně, je-li ketogenní dieta nastavena dle chuti sportovce a ten není omezen energetickou hodnotou stravy, pak přestože se celková tělesná hmotnost a objem svalové hmoty snižuje, nedochází u vzpěračů a v powerliftingu ke snížení výkonnosti (Greene et al., 2018). Shrňme-li dosavadní bádání v této oblasti do nejdůležitějších několika bodů, pak:

1. Diety s omezeným přísunem sacharidů a naopak s vysokým příjmem tuků **nevedly ke zlepšení vytrvalostního výkonu** (Zinn et al., 2017).
2. **Zlepšený vytrvalostní výkon** je spatřován spíše u velmi dlouhých vytrvalostních závodníků, kde se ukazuje vyšší efektivita utilizace mastných kyselin v rámci aerobního metabolismu (McSwiney et al., 2018, Kysel et al., 2020).
3. Diety s omezeným přísunem sacharidů a naopak s vysokým příjmem tuků **vedly k poklesu tělesné hmotnosti a k poklesu % tělesného tuku**, pokud intervence trvala déle než 3-4 týdny. V případě, že intervence trvala déle jak 6 měsíců, byly výsledky srovnatelné s konvenční redukční dietou (Foster et al., 2003; Samaha et al., 2003; Anton, 2017).
4. **Zlepšený silový výkon** může být způsoben snížením tělesné váhy a/ nebo zlepšením tělesného složení ve prospěch tukuprosté tkáně (Greene et al., 2018).
5. **Zhoršený či neutrální silový výkon** může být způsoben nedostatkem příjmu sacharidů a je spojen spíše s tréninkovým protokolem s obsahem 8-12 opakování (Wilson et al., 2017; Kephart et al., 2018).

Soenen a kol. (2012) prokázali, že vyšší obsah bílkovin v nízkosacharidových dietách, spíše než nižší obsah sacharidů v této stravě, byl rozhodujícím faktorem větší redukce hmotnosti během aplikované hypokalorické stravy.

V některých studiích izokalorická (Merra et al., 2016) nebo hypokalorická ketogenní strava (Moreno et al., 2014) významně neredukovala čistou svalovou hmotu za současné redukce tělesného tuku. Naopak a ve shodě s posledními výzkumy v této oblasti (Kysel et al., 2020), zjistil Perissiou s kolegy (2020) snížení objemu čisté svalové hmoty u pacientů s obezitou podstupujících cvičební program při dietě s nízkým obsahem sacharidů. Odlišný účinek ketogenní vs. nutričně vyvážené stravy za hyperenergetických podmínek byl také popsán ve studii u zdravých mužů, kteří podstoupili osmítýdenní tréninkový program s odporovým tréninkem. Za těchto podmínek se objem čisté svalové hmoty zvýšil pouze u kontrolní skupiny, zatímco ve skupině dodržující ketogenní stravu nebyl ovlivněn (Vargas et al., 2018).

Vysoký příjem tuku spolu s výrazným omezením sacharidů (do 50 g/ den) vede k tomu, že se tělo přizpůsobuje metabolismu tuků, potažmo využívá produkty tohoto metabolismu – keto látky. Doposud však byly provedené dlouhodobé studie trvající až 2 roky u jedinců postižených tzv. nepřenositelnými nemocemi. Hlavním cílem je tedy zjistit, zda dlouhodobé dodržování LC diet je spojeno s metabolickými, kardiovaskulárními, plazmatickými lipidy a somatickými proměnnými lidí, kteří tuto stravu začali konzumovat jako zdraví jedinci, přičemž byli přesvědčeni o prospěšnosti takových diet jako ochraně před nemocemi (Brouns, 2018).

V podobném duchu pokračuje Astrup s kolegy (2004), navíc přidává výčet důvodů, proč k redukci může u nízkosacharidové diety docházet. Důvodem může být vyčerpání glykogenových zásob, vedoucí k vyloučení navázané vody, dále pak povaha nízkosacharidové diety a výběr vhodných potravin, jež nepodporují chuť, vysoký obsah bílkovin, jež samy o sobě jsou vysoce sytící a tím nevědomky omezují příjem další potravy. To vše, spolu s příliš krátkou dobou zkoumání, jej vede k závěrům takové diety nedoporučovat. Ve své práci Chang se spoluautory (2017) shrnují dosavadní zkoumání v oblasti nízkosacharidových diet a poukazuje na nutnost podrobit tuto dietní strategii dalšímu zkoumání v oblastech silového i vytrvalostního sportu, neboť i vlivem zvýšených

koncentrací neesterifikovaných mastných kyselin a amoniaku v plazmě, může docházet ve zvýšené míře k rychlejšímu nástupu únavy centrální nervové soustavy.

Význam této práce spatřuji především v poukázání na fakt, že přestože nejsou závěry plynoucí z mnoha studií pozitivní, každým dnem se lze přesvědčit, že nejen sportovci, ale i obecná populace mylně následuje diety, které slibují větší efektivitu při zároveň menším úsilí. Je také vhodné doplnit, že v rámci studií nízkosacharidových režimů, je nezbytné podrobit probandy delšímu zkoumání a vztáhnout toto dietní omezení nejen na výsledný efekt případné redukce či progresi sportovního výkonu, ale především na celkové zdraví v kontextu dlouhodobé udržitelnosti. Práce by mohla posloužit jako přehledová studie dosavadního výzkumu v této oblasti a tím i jako základ dalším studiím.

Veškeré dietní postupy, které mají za cíl optimalizovat tělesné složení, jsou velmi různorodé a doposud jsou podrobovány zkoumání a zpřesňování, právě na základě vědeckých studií (Mozaffarian, 2016). Je zkrátka velmi obtížné generalizovat dané postupy na všechny pacienty či klienty (Jensen et al., 2014). Nelze tedy jednoznačně konstatovat, zda existuje jedna jediná dieta, která by čněla nad ostatní a byla natolik výjimečná a funkční, že by ji šlo doporučit naprosto všem bez výjimky. Je nezbytné poukazovat na fakt, že zastoupení mastných kyselin v rámci celého metabolismu se individuálně liší v závislosti na délce a intenzitě zatížení, konkrétním typu tréninkového plánu a mnoha dalších proměnných (Egan & Zierath, 2013; Evans et al. 2017). Dalo by se říci, že existují zastánci diet, kteří upřednostňují především poměry makroživin, ale nereflektují kalorickou hodnotu, jiní naopak preferují kalorickou hodnotu potravin, ale opomíjí poměry makroživin a dále existují i příznivci diet, stavící na přirozenosti stravy v její původní podobě, kteří pak již neřeší kalorickou hodnotu ani poměry jednotlivých makrožin. Hlavním cílem ale pro všechny tyto skupiny je stále redukce hmotnosti a další zdravotní benefity. Svým způsobem se všechny hlásí k EBM (evidence based medicine) a jistě mají svůj díl pravdy, nicméně klíč k úspěšné a především trvalé optimalizaci tělesného složení, leží v přímé kombinaci všech výše zmíněných přístupů v kontextu zdravé a vyvážené stravy, bez zbytečného omezování či jiných výživových výstřelků

Seznam použitých informačních zdrojů

ACHTEN, Juul a Asker E JEUKENDRUP. *Optimizing fat oxidation through exercise and diet*. Nutrition [online]. 2004, 20(7-8), 716-727 [cit. 2020-10-09]. ISSN 08999007. Dostupné z: doi:10.1016/j.nut.2004.04.005

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. *Evidence-Based Nutrition Principles and Recommendations for the Treatment and Prevention of Diabetes and Related Complications*. Clinical Diabetes [online]. 2002, 20(2), 53-64 [cit. 2020-11-05]. ISSN 0891-8929. Dostupné z: doi:10.2337/diaclin.20.2.53

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. *Nutrition Recommendations and Interventions for Diabetes: A position statement of the American Diabetes Association*. Diabetes Care [online]. 2007, 31(Supplement 1), S61-S78 [cit. 2020-11-05]. ISSN 0149-5992. Dostupné z: doi:10.2337/dc08-S061

ANTON, Stephen, Azumi HIDA, Kacey HEEKIN, et al. *Effects of Popular Diets without Specific Calorie Targets on Weight Loss Outcomes: Systematic Review of Findings from Clinical Trials*. Nutrients [online]. 2017, 9(8) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu9080822

ARAGON, Alan A., Brad J. SCHOENFELD, Robert WILDMAN, et al. *International society of sports nutrition position stand: diets and body composition*. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2017, 14(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-017-0174-y

ASTRUP, Arne, Thomas Meinert LARSEN a Angela HARPER. *Atkins and other low-carbohydrate diets: hoax or an effective tool for weight loss?* The Lancet [online]. 2004, 364(9437), 897-899 [cit. 2020-10-09]. ISSN 01406736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(04)16986-9

ATKINS, Robert C. *Nová revoluční dieta doktora Atkinse*. Přeložil Jaroslava NOVOTNÁ. Praha: Columbus, 2000. ISBN 80-7249-050-8.

BAILEY, Caitlin P. a Erin HENNESSY. *A review of the ketogenic diet for endurance athletes: performance enhancer or placebo effect?* Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2020, 17(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-020-00362-9

BALCAR, Karel. *Úvod do studia psychologie osobnosti*. 2., opr. vyd. V Chrudimi: Mach, 1991.

BARTŮŇKOVÁ, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 3., nezměň. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2811-0.

BAZZANO, Lydia A., Tian HU, Kristi REYNOLDS, et al. *Effects of Low-Carbohydrate and Low-Fat Diets*. Annals of Internal Medicine [online]. 2014, 161(5) [cit. 2020-10-09]. ISSN 0003-4819. Dostupné z: doi:10.7326/M14-0180

BERNACIKOVÁ, Martina, Jan CACEK, Lenka DOVRTĚLOVÁ, et al. *Regenerace a výživa ve sportu. 2.*, přepracované vydání. Brno: Masarykova univerzita, 2017. ISBN 978-80-210-8810-8.

BERNACIKOVÁ, Martina. *Fyziologie* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2020-10-09]. ISBN 978-80-210-5841-5. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/Cover.html>

BOLLA, CARETTO, LAURENZI, SCAVINI a PIEMONTE. *Low-Carb and Ketogenic Diets in Type 1 and Type 2 Diabetes*. Nutrients [online]. 2019, 11(5) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11050962

BORG, Gunnar. *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998. ISBN 978-0880116237.

BREHM, Bonnie J., Randy J. SEELEY, Stephen R. DANIELS a David A. D'ALESSIO. *A Randomized Trial Comparing a Very Low Carbohydrate Diet and a Calorie-Restricted Low Fat Diet on Body Weight and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Women*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism [online]. 2003, 88(4), 1617-1623 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2002-021480

BRINIA, M.E.; Spinos, T.; Spinou, M.; Mitsopoulou, D.; Koliaki, C.; Katsilambros, N. *The effects of intermittent energy restriction on metabolic and cardiovascular function and overall health*. Arch. Hell. Med. 2018 35,1-17.

BROUNS, Fred. *Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable?* European Journal of Nutrition [online]. 2018, 57(4), 1301-1312 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1436-6207. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-018-1636-y

BROWN PI, HUGHES Mg, TONG RJ. *Relationship between VO(2max) and repeated sprint ability using nonmotorised treadmill ergometry*. J Sports Med Phys Fitness. 2007; 47:186–190. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17557056/>

BROWN, Rachel C. *Nutrition for Optimal Performance During Exercise*. Current Sports Medicine Reports [online]. 2002, 1(4), 222-229 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1537-890X. Dostupné z: doi:10.1249/00149619-200208000-00006

BUBNÍKOVÁ, Hana a Pavel KYSEL. *Vybrané kapitoly z fitness* [online]. 2019 [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/446/page00.html>

BUENO, Nassib Bezerra, Ingrid Sofia Vieira DE MELO, Suzana Lima DE OLIVEIRA a Terezinha DA ROCHA ATAIDE. *Very-low-carbohydrate ketogenic diet v. low-fat diet for long-term weight loss: a meta-analysis of randomised controlled trials*. British Journal of Nutrition [online]. 2013, 110(7), 1178-1187 [cit. 2020-11-06]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114513000548

BULKOVÁ, Věra. *Nauka o poživatinách*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999-. ISBN 80-7013-293-0.

- BURKE, Louise M, Bente KIENS a John L IVY. *Carbohydrates and fat for training and recovery*. Journal of Sports Sciences [online]. 2007, 22(1), 15-30 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/0264041031000140527
- BURKE, Louise M. *Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon?* Sports Medicine [online]. 2015, 45(S1), 33-49 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-015-0393-9
- BURKE, Louise M., Avish P. SHARMA, Ida A. HEIKURA, et al. *Crisis of confidence averted: Impairment of exercise economy and performance in elite race walkers by ketogenic low carbohydrate, high fat (LCHF) diet is reproducible*. PLOS ONE [online]. 2020, 15(6) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0234027
- BURKE, Louise M., John A. HAWLEY, Damien J. ANGUS, Gregory R. COX, Sally A. CLARK, Nicola K. CUMMINGS, Ben DESBROW a Mark HARGREAVES. *Adaptations to short-term high-fat diet persist during exercise despite high carbohydrate availability*. Medicine & Science in Sports & Exercise [online]. 2002, 34(1), 83-91 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-200201000-00014
- BURKE, Louise M., Megan L. ROSS, Laura A. GARVICAN-LEWIS, et al. *Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers*. The Journal of Physiology [online]. 2017, 595(9), 2785-2807 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/JP273230
- CARTER, Jel. (2002). *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype: Instruction Manual* Dostupné z: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>
- CARTER, Jel., & HEATH, B. H. (1990). *Somatotyping: development and applications*. New York: Cambridge University Press.
- CERQUEIRA, Fernanda M., Fernanda M. DA CUNHA, Camille C. CALDEIRA DA SILVA, et al. *Long-term intermittent feeding, but not caloric restriction, leads to redox imbalance, insulin receptor nitration, and glucose intolerance*. Free Radical Biology and Medicine [online]. 2011, 51(7), 1454-1460 [cit. 2020-10-09]. ISSN 08915849. Dostupné z: doi:10.1016/j.freeradbiomed.2011.07.006
- CLARK, Nancy. *Sportovní výživa: [obsahuje 71 receptů pro dobrou kondici a sportovní trénink]*. Praha: Grada, 2009. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2783-7.
- CORDAIN, Loren, Nell STEPHENSON a Lorrie CORDAIN. *Paleo dieta: moderní verze pravěké stravy : více než 150 receptů na paleo snídani, obědy, večeře, občerstvení a nápoje*. Praha: Ikar, 2013. ISBN 978-80-249-2208-9.
- ČECHOVSKÁ, I., DOBRÝ, L. *Borgova škála subjektivně vnímané námahy a její využití*. Těl. Vých. Sport Mlád., 2008, 74, 3, s. 37-45.

ČELIKOVSKÝ, Stanislav. *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu: celostátní vysokoškolská učebnice pro posluchače fakult tělesné výchovy a sportu ... 3., přeprac. vyd.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství). ISBN 80-04-23248-5.

DOVALIL, Josef a Miroslav CHOUTKA. *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha [i.e. Velké Přílepy]: Olympia, 2012. ISBN 978-80-7376-326-8.

DUKAN, Pierre. *Dukanova dieta: jak rychle a přitom trvale zhubnout*. Přeložil Vladimír ČADSKÝ. V Bratislavě: Noxi, 2012. ISBN 978-80-8111-126-6.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2. (přeprac. a dopl.). Olomouc: Epava, 2000. ISBN 80-86297-05-5.

EGAN, Brendan a Juleen R. ZIERATH. Exercise *Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation*. Cell Metabolism [online]. 2013, 17(2), 162-184 [cit. 2020-10-09]. ISSN 15504131. Dostupné z: doi:10.1016/j.cmet.2012.12.012

EL GHOSH, Marwan, Simona CALUGI a Riccardo DALLE GRAVE. *The Effects of Low-Carbohydrate Diets on Psychosocial Outcomes in Obesity/Overweight: A Systematic Review of Randomized, Controlled Studies*. Nutrients [online]. 2016, 8(7) [cit. 2020-11-05]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu8070402

ESCOBAR K, MORALES J, VANDUSSELDORP T. 2016. *The effect of a moderately low and high carbohydrate intake on CrossFit performance*. International Journal of Exercise Science 2016;9(4):460–470. [cit. 2020-11-06]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5065325/>

EVANS, Mark, Karl E. COGAN a Brendan EGAN. *Metabolism of ketone bodies during exercise and training: physiological basis for exogenous supplementation*. The Journal of Physiology [online]. 2017, 595(9), 2857-2871 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/JP273185

FAN, Yuying, Hua WANG, Xueyan LIU, Junmei ZHANG a Gang LIU. *Crosstalk between the Ketogenic Diet and Epilepsy: From the Perspective of Gut Microbiota*. Mediators of Inflammation [online]. 2019, 2019, 1-9 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0962-9351. Dostupné z: doi:10.1155/2019/8373060

FEINMAN, Richard D a Jeff S VOLEK. *Low carbohydrate diets improve atherogenic dyslipidemia even in the absence of weight loss*. Nutrition & Metabolism [online]. 2006, 3(1) [cit. 2020-11-05]. ISSN 1743-7075. Dostupné z: doi:10.1186/1743-7075-3-24

FERRISS, Timothy. *Čtyřhodinové tělo* [online]. Brno: Jan Melvil Publishing, 2012 [cit. 2020-09-30]. ISBN 978-80-87270-18-9.

FLEMING, Jesse, Matthew J. SHARMAN, Neva G. AVERY, Dawn M. LOVE, Ana L. GÓMEZ, Timothy P. SCHEETT, William J. KRAEMER a Jeff S. VOLEK. *Endurance Capacity and High-Intensity Exercise Performance Responses to a High-Fat Diet*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism [online]. 2003, 13(4), 466-478 [cit. 2020-11-06]. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.13.4.466

FOSTER, Gary D., Holly R. WYATT, James O. HILL, et al. *A Randomized Trial of a Low-Carbohydrate Diet for Obesity*. New England Journal of Medicine [online]. 2003, 348(21), 2082-2090 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa022207

GRASGRUBER, Pavel a Jan CACEK. *Sportovní geny*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1873-3.

GREENE, David A., Benjamin J. VARLEY, Timothy B. HARTWIG, Phillip CHAPMAN a Michael RIGNEY. *A Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Reduces Body Mass Without Compromising Performance in Powerlifting and Olympic Weightlifting Athletes*. Journal of Strength and Conditioning Research [online]. 2018, 32(12), 3373-3382 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002904

GULDSTRAND, Marie C. a Caroline L. SIMBERG. *High-fat diets: healthy or unhealthy?* Clinical Science [online]. 2007, 113(10), 397-399 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0143-5221. Dostupné z: doi:10.1042/CS20070263

HAINER, Vojtěch a Marie KUNEŠOVÁ. *Obezita*. Praha: Galén, 1997. ISBN 80-85824-67-1.

HALL, Kevin D, Kong Y CHEN, Juen GUO, et al. *Energy expenditure and body composition changes after an isocaloric ketogenic diet in overweight and obese men*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2016, 104(2), 324-333 [cit. 2020-11-05]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.116.133561

HARVEY, Kristin L., Lola E. HOLCOMB a Stephen C. KOLWICZ. *Ketogenic Diets and Exercise Performance*. Nutrients [online]. 2019, 11(10) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11102296

HASHIMOTO, Y., T. FUKUDA, C. OYABU, M. TANAKA, M. ASANO, M. YAMAZAKI a M. FUKUI. *Impact of low-carbohydrate diet on body composition: meta-analysis of randomized controlled studies*. Obesity Reviews [online]. 2016, 17(6), 499-509 [cit. 2020-11-06]. ISSN 14677881. Dostupné z: doi:10.1111/obr.12405

HAVEL, Zdeněk a Jan HNÍZDIL. *Rozvoj a diagnostika koordinačních a pohyblivostních schopností*. Banská Bystrica : [Univerzita Mateja Bela, Pedagogická fakulta], 2010. ISBN 978-80-8083-950-5.

HAVEL, Zdeněk a Jan HNÍZDIL. *Rozvoj a diagnostika rychlostních schopností*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2010. ISBN 978-80-7414-323-6.

- HAVEL, Zdeněk a Jan HNÍZDIL. *Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2012. ISBN 978-80-7414-476-9.
- HAVLÍČEK, I. et al.: *Sportovní příprava mládeže*. Metodický dopis. Praha: UV ČTO, 1973.
- HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. dopl. vyd. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 8071843547.
- HAWLEY, John A. a Jill J. LECKEY. *Carbohydrate Dependence During Prolonged, Intense Endurance Exercise*. Sports Medicine [online]. 2015, 45(S1), 5-12 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-015-0400-1
- HAWLEY, John A., Fred BROUNS a Asker JEUKENDRUP. *Strategies to Enhance Fat Utilisation During Exercise*. Sports Medicine [online]. 1998, 25(4), 241-257 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-199825040-00003
- HEATHERLY, ALEXANDER J., LAUREN G. KILLEN, ASHTON F. SMITH, HUNTER S. WALDMAN, CHRISTIE L. SELTMANN, ANGELA HOLLINGSWORTH a ERIC K. O'NEAL. *Effects of Ad libitum Low-Carbohydrate High-Fat Dieting in Middle-Age Male Runners*. Medicine & Science in Sports & Exercise [online]. 2018, 50(3), 570-579 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000001477
- HELLER, Jan. *Zátěžová funkční diagnostika ve sportu: východiska, aplikace a interpretace*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. ISBN 978-80-246-3359-6.
- CHANG, Chen-Kang, Katarina BORER a Po-Ju LIN. *Low-Carbohydrate-High-Fat Diet: Can it Help Exercise Performance?* Journal of Human Kinetics [online]. 2017, 56(1), 81-92 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1899-7562. Dostupné z: doi:10.1515/hukin-2017-0025
- CHOI, Yeo Jin, Sang-Min JEON a Sooyoung SHIN. *Impact of a Ketogenic Diet on Metabolic Parameters in Patients with Obesity or Overweight and with or without Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials*. Nutrients [online]. 2020, 12(7) [cit. 2020-11-07]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12072005
- CHOUTKA, Miroslav a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 2., rozšíř.vyd. Praha: Olympia, 1991. Věda pro praxi (Olympia). ISBN 80-7033-099-6.
- CHYTRÁČKOVÁ, J. (1990). *Physical presupposition of motorical performance in 8–9 years old children*. In: BLAŽEK, V. (Ed.). Proceedings of abstract of the 3rd Anthropological Congress dedicated to Dr. Aleš Hrdlička – Praha and Humpolec September 3–8, 1989. Praha : Czechoslovak Anthropological Society, p. 105.
- J. MAUGHAN, R., P. L. GREENHAFF, J. B. LEIPER, D. BALL, C. P. LAMBERT a M. GLEESON. *Diet composition and the performance of high-intensity exercise*. Journal of Sports Sciences [online]. 1997, 15(3), 265-275 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/026404197367272

JANSA, Petr a Josef DOVALIL. *Sportovní příprava: vybrané teoretické obory, stručné dějiny tělesné výchovy a sportu, základy pedagogiky a psychologie sportu, fyziologie sportu, sportovní trénink, sport zdravotně postižených, sport a doping, úrazy ve sportu a první pomoc, základy sportovní regenerace a rehabilitace, sportovní management*. [Praha]: Q-art, 2007. ISBN 80-903280-8-3.

JENKINS, David J. A., Julia M. W. WONG, Cyril W. C. KENDALL, et al. *The Effect of a Plant-Based Low-Carbohydrate ("Eco-Atkins") Diet on Body Weight and Blood Lipid Concentrations in Hyperlipidemic Subjects*. Archives of Internal Medicine [online]. 2009, 169(11) [cit. 2020-11-05]. ISSN 0003-9926. Dostupné z: doi:10.1001/archinternmed.2009.115

JENSEN, Michael D., Donna H. RYAN, Caroline M. APOVIAN, et al. 2013 *AHA/ACC/TOS Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults*. Circulation [online]. 2014, 129(25 suppl 2), S102-S138 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: doi:10.1161/01.cir.0000437739.71477.ee

JOHANSSON, Ingegerd, Lena Maria NILSSON, Birgitta STEGMAYR, Kurt BOMAN, Göran HALLMANS a Anna WINKVIST. *Associations among 25-year trends in diet, cholesterol and BMI from 140,000 observations in men and women in Northern Sweden*. Nutrition Journal [online]. 2012, 11(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1475-2891. Dostupné z: doi:10.1186/1475-2891-11-40

JOHNSTON, Carol S., Iwona STEPLEWSKA, Cindy A. LONG, Lafe N. HARRIS a Romina H. RYALS. *Examination of the Antiglycemic Properties of Vinegar in Healthy Adults*. Annals of Nutrition and Metabolism [online]. 2010, 56(1), 74-79 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1421-9697. Dostupné z: doi:10.1159/000272133

KASPAR, Matthew B., Kerstin AUSTIN, Martin HUECKER a Menaka SARAV. *Ketogenic Diet: from the Historical Records to Use in Elite Athletes*. Current Nutrition Reports [online]. 2019, 8(4), 340-346 [cit. 2020-10-09]. ISSN 2161-3311. Dostupné z: doi:10.1007/s13668-019-00294-0

KEPHART, Wesley, Coree PLEDGE, Paul ROBERSON, et al. *The Three-Month Effects of a Ketogenic Diet on Body Composition, Blood Parameters, and Performance Metrics in CrossFit Trainees: A Pilot Study*. Sports [online]. 2018, 6(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2075-4663. Dostupné z: doi:10.3390/sports6010001

KOHLÍKOVÁ, Eva. *Fyziologie člověka: učební texty pro trenérskou školu FTVS UK v Praze*. V Praze: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2004. ISBN 8086317315.

KOHOUT, Pavel a Eva KOTRLÍKOVÁ. *Základy klinické výživy*. Praha: Forsapi, 2009. Informační servis pro lékaře. ISBN 978-80-87250-05-1.

KOLIAKI, Chrysi, Theodoros SPINOS, Marianna SPINO, Maria-Eugenia BRINIA, Dimitra MITSOPOULOU a Nicholas KATSILAMBROS. *Defining the Optimal Dietary Approach for Safe, Effective and Sustainable Weight Loss in Overweight and Obese Adults*. Healthcare [online]. 2018, 6(3) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2227-9032. Dostupné z: doi:10.3390/healthcare6030073

KONDO, Tomoo, Mikiya KISHI, Takashi FUSHIMI, Shinobu UGAJIN a Takayuki KAGA. *Vinegar Intake Reduces Body Weight, Body Fat Mass, and Serum Triglyceride Levels in Obese Japanese Subjects*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry [online]. 2014, 73(8), 1837-1843 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0916-8451. Dostupné z: doi:10.1271/bbb.90231

KOPECKÝ, Miroslav. *Somatologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2271-8.

KWAŚNIEWSKI, Jan a Marek CHYLIŃSKI. *Optimální dieta*. Albrechtice u Českého Těšína: SAK, 1998. ISBN 80-902252-2-5.

KYSEL, Pavel, Zdeněk VILIKUS a Klára DAŘOVÁ. *Nizkosacharidové režimy a jejich vliv na sportovní výkon a tělesné složení*. Diagnostika a poradenství v pomáhajících profesích, Praha 19, Palestra, od s. 5-17, 60 s. ISSN 2570-7612. 2019.

KYSEL, Pavel, Denisa HALUZÍKOVÁ, Radka Petráková DOLEŽALOVÁ, et al. *The Influence of Cyclical Ketogenic Reduction Diet vs. Nutritionally Balanced Reduction Diet on Body Composition, Strength, and Endurance Performance in Healthy Young Males: A Randomized Controlled Trial*. Nutrients [online]. 2020, 12(9) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12092832

KYSEL, Pavel. *Výživa* [online]. 2019 [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/445/page00.html>

LAGIOU, P., S. SANDIN, M. LOF, D. TRICHOPOULOS, H.-O. ADAMI a E. WEIDERPASS. *Low carbohydrate-high protein diet and incidence of cardiovascular diseases in Swedish women: prospective cohort study*. BMJ [online]. 2012, 344(jun26 3), e4026-e4026 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1756-1833. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.e4026

LAMBERT, Estelle V., Julia H. GOEDECKE, Charl VAN ZYL, Kim MURPHY, John A. HAWLEY, Steven C. DENNIS a Timothy D. NOAKES. *High-Fat Diet versus Habitual Diet Prior to Carbohydrate Loading: Effects on Exercise Metabolism and Cycling Performance*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism [online]. 2001, 11(2), 209-225 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.11.2.209

LANGFORT J., PILIS W., ZARZECZNY R., NAZAR K., KACIUBA-UŚCIELKO H. *Effect of low-carbohydrate-ketogenic diet on metabolic and hormonal responses to graded exercise in men*. Journal of Physiology and Pharmacology. 1996;47(2):361–371.

LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMÁN. *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0849-9.

LEHNERT, Michal, Martin KUDLÁČEK a Jan BĚLKA. *Základy sportovního tréninku* [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014 [cit. 2020-10-09]. ISBN 978-80-244-4330-0. Dostupné z: <https://publi.cz/books/148/Cover.html>

MA, Sihui, Qingyi HUANG, Takaki TOMINAGA, Chunhong LIU a Katsuhiko SUZUKI. *An 8-Week Ketogenic Diet Alternated Interleukin-6, Ketolytic and Lipolytic Gene Expression, and Enhanced Exercise Capacity in Mice*. *Nutrients* [online]. 2018, 10(11) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10111696

MÁČEK, Miloš a Jiří RADVANSKÝ. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, c2011. ISBN 9788072626953.

MARTINČA, Jozef a Pavel KYSEL. *Základy výživy člověka*. 3. přepracované vydání. Praha: Vysoká škola tělesné výchovy a sportu Palestra, spol. s r.o., 2018. ISBN 978-80-87723-45-6.

MCDONALD, Lyle. *The Ketogenic Diet: A Complete Guide for the Dieter and Practitioner*. Austin, Texas: Lyle McDonald, 1998. ISBN 978-0967145600.

MCSWINEY, Fionn T, Lorna DOYLE, Daniel J. PLEWS a Caryn ZINN. *Impact Of Ketogenic Diet On Athletes: Current Insights*. *Open Access Journal of Sports Medicine* [online]. 2019, 10, 171-183 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1179-1543. Dostupné z: doi:10.2147/OAJSM.S180409

MCSWINEY, Fionn T., Bruce WARDROP, Parker N. HYDE, Richard A. LAFOUNTAIN, Jeff S. VOLEK a Lorna DOYLE. *Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes*. *Metabolism* [online]. 2018, 81, 25-34 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00260495. Dostupné z: doi:10.1016/j.metabol.2017.10.010

MĚKOTA, Karel a Jiří NOVOSAD. *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0981-x.

MERRA G., MIRANDA R., BARRUCCO S., GUALTIERI P., MAZZA M., MORICONI E., MARCHETTI M., CHANG T.F.M., DE LORENZO A., DI RENZO L. (2016). *Very-Low-Calorie Ketogenic Diet with Aminoacid Supplement versus Very Low Restricted-Calorie Diet for Preserving Muscle Mass during Weight Loss: A Pilot Double-Blind Study*. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2016; 20:2613–2621. <https://www.europeanreview.org/article/11018>

MIKŠÍK, Oldřich. *Psychologická charakteristika osobnosti*. 2., přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2007. ISBN 978-80-246-1304-8.

MILLER, SL a RR WOLFE. *Physical exercise as a modulator of adaptation to low and high carbohydrate and low and high fat intakes*. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1999, 53(S1), s112-s119 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1600751

MORENO, Basilio, Diego BELLIDO, Ignacio SAJOUX, Albert GODAY, Dolores SAAVEDRA, Ana B. CRUJEIRAS a Felipe F. CASANUEVA. *Comparison of a very low-calorie-ketogenic diet with a standard low-calorie diet in the treatment of obesity*. Endocrine [online]. 2014, 47(3), 793-805 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1355-008X. Dostupné z: doi:10.1007/s12020-014-0192-3

MOZAFFARIAN, Dariush. *Dietary and Policy Priorities for Cardiovascular Disease, Diabetes, and Obesity*. Circulation [online]. 2016, 133(2), 187-225 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018585

MUJICA, Iñigo. *Case Study: Long-Term Low-Carbohydrate, High-Fat Diet Impairs Performance and Subjective Well-Being in a World-Class Vegetarian Long-Distance Triathlete*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism [online]. 2019, 29(3), 339-344 [cit. 2020-11-05]. ISSN 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2018-0124

MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. 23. vyd., (4. české vyd.), v H & H 3. Jinočany: H & H, 2002. Lange medical book. ISBN 80-7319-013-3.

NAKONEČNÝ, Milan. *Základy psychologie*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0689-3.

NAUDE, Celeste E., Anel SCHOONEES, Marjanne SENEKAL, Taryn YOUNG, Paul GARNER, Jimmy VOLMINK a D. William CAMERON. *Low Carbohydrate versus Isoenergetic Balanced Diets for Reducing Weight and Cardiovascular Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis*. PLoS ONE [online]. 2014, 9(7) [cit. 2020-11-06]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0100652

NOAKES, Manny, PaulR FOSTER, JenniferB KEOGH, AnthonyP JAMES, JohnC MAMO a PeterM CLIFTON. *Comparison of isocaloric very low carbohydrate/high saturated fat and high carbohydrate/low saturated fat diets on body composition and cardiovascular risk*. Nutrition & Metabolism [online]. 2006, 3(1) [cit. 2020-11-06]. ISSN 17437075. Dostupné z: doi:10.1186/1743-7075-3-7

NOAKES, Timothy David a Johann WINDT. *Evidence that supports the prescription of low-carbohydrate high-fat diets: a narrative review*. British Journal of Sports Medicine [online]. 2017, 51(2), 133-139 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2016-096491

NOBLE, Bruce J. a Robert J. ROBERTSON. *Perceived exertion*. Champaign, IL: Human Kinetics, c1996. ISBN 978-0880115087.

NORDMANN, Alain J., Abigail NORDMANN, Matthias BRIEL, Ulrich KELLER, William S. YANCY, Bonnie J. BREHM a Heiner C. BUCHER. *Effects of Low-Carbohydrate vs Low-Fat Diets on Weight Loss and Cardiovascular Risk Factors*. Archives of Internal Medicine [online]. 2006, 166(3) [cit. 2020-11-06]. ISSN 0003-9926. Dostupné z: doi:10.1001/archinte.166.3.285

PAOLI, Antonio, Keith GRIMALDI, Dominic D'AGOSTINO, Lorenzo CENCI, Tatiana MORO, Antonino BIANCO a Antonio PALMA. *Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts*. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2012, 9(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/1550-2783-9-34

PAOLI, Antonio, Laura MANCIN, Antonino BIANCO, Ewan THOMAS, João Felipe MOTA a Fabio PICCINI. *Ketogenic Diet and Microbiota: Friends or Enemies?* Genes [online]. 2019, 10(7) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2073-4425. Dostupné z: doi:10.3390/genes10070534

PATTERSON, Ruth E. a Dorothy D. SEARS. *Metabolic Effects of Intermittent Fasting*. Annual Review of Nutrition [online]. 2017, 37(1), 371-393 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0199-9885. Dostupné z: doi:10.1146/annurev-nutr-071816-064634

PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7.

PERISSIOU, Maria, Erika BORKOLES, Kent KOBAYASHI a Remco POLMAN. *The Effect of an 8 Week Prescribed Exercise and Low-Carbohydrate Diet on Cardiorespiratory Fitness, Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors in Obese Individuals: A Randomised Controlled Trial*. Nutrients [online]. 2020, 12(2) [cit. 2020-11-06]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12020482

PETR, Miroslav a Petr ŠŤASTNÝ. *Funkční silový trénink*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2012. ISBN 978-80-86317-93-9.

PETRE, Alina. *The Whole30: A 30-Day Diet for Better Health* [online]. 2017, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/whole-30>

PHINNEY, S.D., B.R. BISTRAN, W.J. EVANS, E. GERVINO a G.L. BLACKBURN. *The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: Preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation*. Metabolism [online]. 1983, 32(8), 769-776 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00260495. Dostupné z: doi:10.1016/0026-0495(83)90106-3

PHINNEY, Stephen D., Edward S. HORTON, Ethan A. H. SIMS, John S. HANSON, Elliot DANFORTH a Betty M. LAGRANGE. *Capacity for Moderate Exercise in Obese Subjects after Adaptation to a Hypocaloric, Ketogenic Diet*. Journal of Clinical Investigation [online]. 1980, 66(5), 1152-1161 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0021-9738. Dostupné z: doi:10.1172/JCI109945

PILIS, Karol, Anna PILIS, Krzysztof STEC, et al. *Three-Year Chronic Consumption of Low-Carbohydrate Diet Impairs Exercise Performance and Has a Small Unfavorable Effect on Lipid Profile in Middle-Aged Men*. Nutrients [online]. 2018, 10(12) [cit. 2020-10-09]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10121914

- PINCKAERS, Philippe J. M., Tyler A. CHURCHWARD-VENNE, David BAILEY a Luc J. C. VAN LOON. *Ketone Bodies and Exercise Performance: The Next Magic Bullet or Merely Hype?* Sports Medicine [online]. 2017, 47(3), 383-391 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-016-0577-y
- RAMAN, Ryan. *The Zone Diet: A complete Overview* [online]. 2017, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/zone-diet>
- RHYU, Hyun-seung a Su-Youn CHO. *The effect of weight loss by ketogenic diet on the body composition, performance-related physical fitness factors and cytokines of Taekwondo athletes.* Journal of Exercise Rehabilitation [online]. 2014, 10(5), 326-331 [cit. 2020-10-09]. ISSN 2288-176X. Dostupné z: doi:10.12965/jer.140160
- RIEGEROVÁ, Jarmila, Miroslava PŘIDALOVÁ a Marie ULBRICHOVÁ. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vyd. Olomouc: Hanex, 2006. ISBN 8085783525.
- ROKYTA, Richard. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV, 2000. Lékařství. ISBN 80-85866-45-5.
- ROUBÍK, Lukáš. *Moderní výživa ve fitness a silových sportech*. Praha: Erasport, [2018]. ISBN 978-80-905685-5-6.
- ROUBÍK, Lukáš. *Příprava na soutěž v kulturistice od A do Z*. Praha: Grafixon, c2012. ISBN 978-80-904780-2-2.
- RUNYON, Joel. *The Many Types of Paleo* [online]. 2013, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://ultimateguide.com/many-types-of-paleo/>
- ŘÍČAN, Pavel. *Psychologie osobnosti: obor v pohybu*. 6., rev. a dopl. vyd., V Grada Publishing 2. Praha: Grada, 2010. Psyche (Grada). ISBN 978-80-247-3133-9.
- SAMAH, Frederick F., Nayyar IQBAL, Prakash SESHADRI, et al. *A Low-Carbohydrate as Compared with a Low-Fat Diet in Severe Obesity.* New England Journal of Medicine [online]. 2003, 348(21), 2074-2081 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa022637
- SAWYER, Jason C., Richard J. WOOD, Patrick W. DAVIDSON, Sean M. COLLINS, Tracey D. MATTHEWS, Sara M. GREGORY a Vincent J. PAOLONE. *Effects of a Short-Term Carbohydrate-Restricted Diet on Strength and Power Performance.* Journal of Strength and Conditioning Research [online]. 2013, 27(8), 2255-2262 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31827da314
- SEARS, Barry. *Vstupte do zóny*. Praha: Alpress, 1997. ISBN 80-7218-067-3.
- SEILER, Roland a Andreas STOCK. *Psychotrénink ve sportu i v životě*. Praha: Olympia, 1996. ISBN 8070334142.

SEMECO, Ariene. *The Slow-Carb diet: A review and Guide* [online]. 2017, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/slow-carb-diet>

SEMIGINOVSKÝ, Bohdan, Staša BARTUŇKOVÁ, Petr JEŽEK, Alena MARTINOVSKÁ, Jana VRÁNOVÁ. *Praktická cvičení ze základní fyziologie člověka: určeno pro posl. fak. tělesné výchovy a sportu*. 2., přeprac. vyd. Praha: SPN, 1990. 186 s. ISBN 9788070661802.

SHAI, Iris, Dan SCHWARZFUCHS, Yaakov HENKIN, et al. *Weight Loss with a Low-Carbohydrate, Mediterranean, or Low-Fat Diet*. New England Journal of Medicine [online]. 2008, 359(3), 229-241 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa0708681

SHERRIER, Matthew a Hongshuai LI. *The impact of keto-adaptation on exercise performance and the role of metabolic-regulating cytokines*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2019, 110(3), 562-573 [cit. 2020-11-04]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/nqz145

SCHNEIDERKA, Petr a kol. *Vybrané kapitoly z klinické biochemie*. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-7184-505-1.

SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vyd., zcela přeprac. a rozš., Vyd. 3. české. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0630-x.

SJÖGREN, Per, Wulf BECKER, Eva WARENSJÖ, Erika OLSSON, Liisa BYBERG, Inga-Britt GUSTAFSSON, Brita KARLSTRÖM a Tommy CEDERHOLM. *Mediterranean and carbohydrate-restricted diets and mortality among elderly men: a cohort study in Sweden*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2010, 92(4), 967-974 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.2010.29345

SKOLNIK, Heidi a Andrea CHERNUS. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3847-5.

SMÉKAL, Vladimír. *Pozvání do psychologie osobnosti: člověk v zrcadle vědomí a jednání*. Brno: Barrister & Principal, 2002. Studium (Barrister & Principal). ISBN 80-85947-80-3.

SOENEN, Stijn, Alberto G. BONOMI, Sofie G.T. LEMMENS, Jolande SCHOLTE, Myriam A.M.A. THIJSEN, Frank VAN BERKUM a Margriet S. WESTERTER-PLANTENGA. *Relatively high-protein or 'low-carb' energy-restricted diets for body weight loss and body weight maintenance?* Physiology & Behavior [online]. 2012, 107(3), 374-380 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00319384. Dostupné z: doi:10.1016/j.physbeh.2012.08.004

SPENCER, Matt, David BISHOP, Brian DAWSON a Carmel GOODMAN. *Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities*. Sports Medicine [online]. 2005, 35(12), 1025-1044 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535120-00003

- SPRITZLER, Franziska. *South Beach Diet Review and Beginner's Guide* [online]. 2017, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/south-beach-diet#section10>
- STELLINGWERFF, Trent, Lawrence L. SPRIET, Matthew J. WATT, Nicholas E. KIMBER, Mark HARGREAVES, John A. HAWLEY a Louise M. BURKE. *Decreased PDH activation and glycogenolysis during exercise following fat adaptation with carbohydrate restoration*. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism [online]. 2006, 290(2), E380-E388 [cit. 2020-11-06]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.00268.2005
- STILLMAN, Irwin Maxwell a Samm Sinclair BAKER. *Doctor's Quick Weight Loss Diet*. 19. vydání. Ishi Press in New York and Tokyo, 2011. ISBN 978-4-87187-720-6.
- STOPPANI, James. *Velká kniha posilování: tréninkové metody a plány : 255 posilovacích cviků*. Praha: Grada, 2008. Sport extra. ISBN 978-80-247-2204-7.
- STREIT, Lizzie. *All You Need to Know About the Carnivore (All-Meat) Diet* [online]. 2019, [cit. 2020-10-09]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/carnivore-diet>
- STREIT, Lizzie. *What Is a Zero-Carb Diet, and What Foods Can You Eat?* [online]. 2019, [cit. 2020-10-10]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/nutrition/no-carb-diet>
- STRUHÁR, Ivan. *Zátěžová diagnostika v tělovýchovné a sportovní praxi*. Vydání druhé, doplněné. Brno: Masarykova univerzita, 2019. ISBN 978-80-210-9431-4.
- SUCHARDA, Petr. *Klinická dietologie: učební text pro střední zdravotnické školy*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-200-0.
- TSATSOULINE, Pavel. *Power to the People!*. Klatovy: Dragon Press, 2000. ISBN 9780938045199.
- VARGAS-MOLINA, Salvador, Jorge L. PETRO, Ramón ROMANCE, Richard B. KREIDER, Brad J. SCHOENFELD, Diego A. BONILLA a Javier BENÍTEZ-PORRES. *Effects of a ketogenic diet on body composition and strength in trained women*. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2020, 17(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-020-00348-7
- VARGAS, Salvador, Ramón ROMANCE, Jorge L. PETRO, Diego A. BONILLA, Ismael GALANCHO, Sergio ESPINAR, Richard B. KREIDER a Javier BENÍTEZ-PORRES. *Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial*. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2018, 15(1) [cit. 2020-10-09]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-018-0236-9
- VILIKUS, Zdeněk, Ivan MACH a Petr BRANDEJSKÝ. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2064-0.

VOGT, Michael, Adrian PUNTSCHART, Hans HOWALD, Bruno MUELLER, Christoph MANNHART, Liliane GFELLER-TUESCHER, Primus MULLIS a Hans HOPPELER. *Effects of Dietary Fat on Muscle Substrates, Metabolism, and Performance in Athletes*. Medicine & Science in Sports & Exercise [online]. 2003, 35(6), 952-960 [cit. 2020-10-09]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/01.MSS.0000069336.30649.BD

VOLEK, Jeff S., Daniel J. FREIDENREICH, Catherine SAENZ, et al. *Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners*. Metabolism [online]. 2016, 65(3), 100-110 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00260495. Dostupné z: doi:10.1016/j.metabol.2015.10.028

VÝROST, Jozef a Ivan SLAMĚNÍK. *Sociální psychologie*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-1428-8.

WALDMAN, Hunter S., Ben M. KRINGS, Steven A. BASHAM, John Eric W. SMITH, Brent J. FOUNTAIN a Matthew J. MCALLISTER. *Effects of a 15-Day Low Carbohydrate, High-Fat Diet in Resistance-Trained Men*. Journal of Strength and Conditioning Research [online]. 2018, 32(11), 3103-3111 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002282

WEBSTER, Christopher C., Jeroen SWART, Timothy D. NOAKES a James A. SMITH. *A Carbohydrate Ingestion Intervention in an Elite Athlete Who Follows a Low-Carbohydrate High-Fat Diet*. International Journal of Sports Physiology and Performance [online]. 2018, 13(7), 957-960 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2017-0392

WEBSTER, Christopher C., Timothy D. NOAKES, Shaji K. CHACKO, Jeroen SWART, Tertius A. KOHN a James A. H. SMITH. *Gluconeogenesis during endurance exercise in cyclists habituated to a long-term low carbohydrate high-fat diet*. The Journal of Physiology [online]. 2016, 594(15), 4389-4405 [cit. 2020-10-09]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/JP271934

WESTMAN, Eric C, Richard D FEINMAN, John C MAVROPOULOS, Mary C VERNON, Jeff S VOLEK, James A WORTMAN, William S YANCY a Stephen D PHINNEY. *Low-carbohydrate nutrition and metabolism*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2007, 86(2), 276-284 [cit. 2020-10-16]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/86.2.276

WHEELER, M. L., S. A. DUNBAR, L. M. JAACKS, W. KARMALLY, E. J. MAYER-DAVIS, J. WYLIE-ROSETT a W. S. YANCY. *Macronutrients, Food Groups, and Eating Patterns in the Management of Diabetes: A systematic review of the literature, 2010*. Diabetes Care [online]. 2012, 35(2), 434-445 [cit. 2020-11-05]. ISSN 0149-5992. Dostupné z: doi:10.2337/dc11-2216

WILLETT, W C, F SACKS, A TRICHOPOULOU, G DRESCHER, A FERRO-LUZZI, E HELSING a D TRICHOPOULOS. *Mediterranean diet pyramid: a cultural model for healthy eating*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 1995, 61(6), 1402S-1406S [cit. 2020-10-09]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/61.6.1402S

WILSON, Jacob M., Ryan P. LOWERY, Michael D. ROBERTS, et al. *The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males*. Journal of Strength and Conditioning Research [online]. 2017, Publish Ahead of Print [cit. 2020-10-09]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001935

WOOD, Richard J, Jeff S VOLEK, Steven R DAVIS, Carly DELL'OVA a Maria Luz FERNANDEZ. *Effects of a carbohydrate-restricted diet on emerging plasma markers for cardiovascular disease*. Nutrition & Metabolism [online]. 2006, 3(1) [cit. 2020-11-05]. ISSN 1743-7075. Dostupné z: doi:10.1186/1743-7075-3-19

YEO, Wee Kian, Andrew L. CAREY, Louise BURKE, Lawrence L. SPRIET a John A. HAWLEY. *Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism*. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism [online]. 2011, 36(1), 12-22 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1715-5312. Dostupné z: doi:10.1139/H10-089

ZAHRADNÍK, David a Pavel KORVAS. *Základy sportovního tréninku* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2020-10-09]. ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: <https://www.fsp.s.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/Cover.html>

ZATSIORSKY, Vladimir M. a William J. KRAEMER. *Silový trénink: praxe a věda*. Praha: Mladá fronta, 2014. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-3261-2.

ZEHNDER, Monica, Emanuel R. CHRIST, Michael ITH, et al. *Intramyocellular lipid stores increase markedly in athletes after 1.5 days lipid supplementation and are utilized during exercise in proportion to their content*. European Journal of Applied Physiology [online]. 2006, 98(4), 341-354 [cit. 2020-10-09]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-006-0279-5

ZINN, Caryn, Julia MCPHEE, Nigel HARRIS, Micalla WILLIDEN, Kate PRENDERGAST a Grant SCHOFIELD. *A 12-week low-carbohydrate, high-fat diet improves metabolic health outcomes over a control diet in a randomised controlled trial with overweight defence force personnel*. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism [online]. 2017, 42(11), 1158-1164 [cit. 2020-11-06]. ISSN 1715-5312. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2017-0260

ZINN, Caryn, Matthew WOOD, Mikki WILLIDEN, Simon CHATTERTON a Ed MAUNDER. *Ketogenic diet benefits body composition and well-being but not performance in a pilot case study of New Zealand endurance athletes*. Journal of the International Society of Sports Nutrition [online]. 2017, 14(1) [cit. 2020-11-06]. ISSN 1550-2783. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-017-0180-0

ZLATOHLÁVEK, Lukáš. *Klinická dietologie a výživa*. Druhé rozšířené vydání. Praha: Current media, [2019]. Medicus. ISBN 9788088129448.